RETE ADRIATICA
BIBLIOTECA
DELLA DIREZIONE GENERALE
Classe 31 N. 256

Digitized by Google

B 20
1
232
IBLIOTECA NAZIONALE
ENTRALE - FIRENZE

Digitized by Google

E
IBLI
CEN

Digitized by Google

ÉTUDES

SUR LES

MACHINES LOCOMOTIVES

Digitized by Google

IMPRIMERIE DE H. FOURNIER ET Cie.
RUE SAINT-BENOÎT, 7.

Digitized by Google

ÉTUDES

SUR LES

MACHINES LOCOMOTIVES

DE SHARP ET ROBERTS

COMPARÉES A CELLES D'AUTRES CONSTRUCTEURS,

AVEC

DES DÉVELOPPEMENTS SUR LA THÉORIE DE LA DISTRIBUTION DE LA VAPEUR

ET SUR L'APPLICATION

DE LA DÉTENTE

FIXE ET VARIABLE

PAR FÉLIX MATHIAS

INGÉNIEUR, INSPECTEUR DU SERVICE DES MACHINES AU CHEMIN DE FER D'ORLÉANS,
ANCIEN S.-INGÉNIEUR DU MATÉRIEL AU CHEMIN DE FER DE VERSAILLES (RIVE GAUCHE),
ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES.

PARIS

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE-INDUSTRIELLE
de L. MATHIAS (Aug.)
QUAI MALAQUAIS, 15.

1844

Digitized by Google

B·20. 1.- 232-

Digitized by Google

Dans un moment où la question des chemins de fer est à l'ordre du jour, où tant de lignes vont être concédées, où nos constructeurs français, après des efforts si persévérants, sont à la veille de recevoir de nombreuses commandes de machines, il nous a semblé qu'il ne serait peut-être pas sans quelque utilité de faire des études comparatives, sur les principales dispositions des locomotives employées. Pour procéder avec simplicité et avec ordre, nous nous sommes attaché à l'examen spécial d'une machine, dont le mode de construction, les formes, le service à la fois régulier et économique, ont mérité l'approbation unanime des ingénieurs, et nous avons naturellement choisi une des

Digitized by Google

plus importante de notre travail, que nous avons divisé en trois parties.

La première embrasse la description de la chaudière et de ses accessoires ; nous l'avons fait précéder d'une esquisse rapide sur l'ensemble de la machine.

La seconde traite de la distribution de la vapeur et de l'application de la détente.

La troisième est réservée au train.

Elle est suivie de deux notes additionnelles.

L'une est relative à une application numérique à la machine *la Rapide*, des calculs indiqués par M. de Pambour, pour l'appréciation du travail et de la puissance des locomotives.

La seconde donne des détails sur la conduite, la consommation, l'entretien et l'achat de ces machines. Elle est accompagnée de trois tableaux, résumant pour trois années consécutives, les frais de traction du service du chemin de fer de Versailles (rive gauche).

Nous nous faisons un devoir, avant de terminer ces quelques lignes, d'adresser un

hommage de respectueuse reconnaissance à M. Auguste Perdonnet, ancien ingénieur en chef du chemin de fer de Versailles (rive gauche), à M. Clarke, ingénieur du matériel du chemin de fer d'Orléans, à M. Jules Petiet, ingénieur en chef actuel de la rive gauche, dont les lumières, la complaisance infinie, les conseils éclairés, nous ont été d'un si grand secours.

Digitized by Google

PREMIÈRE PARTIE.

ESQUISSE DE L'ENSEMBLE DE LA MACHINE; DESCRIPTION DE LA CHAUDIÈRE ET DE SES ACCESSOIRES.

Les locomotives de Sharp et Roberts, comme presque toutes en général, se composent de deux parties distinctes : le générateur de vapeur et la machine proprement dite.

La chaudière est formée d'un long cylindre B, terminé à ses extrémités par deux coffres rectangulaires A et C (V. Pl. 1 et 2).

La boîte A, nommée *boîte à feu*, communique librement avec le corps cylindrique de la chaudière, et renferme une caisse, dite *foyer*, dont les parois verticales, venant se réunir à leurs parties inférieures avec celles de la boîte à feu, forment une ouverture destinée à l'emplacement de la grille qui

reçoit le combustible; celui-ci est entouré d'eau de toutes parts, si ce n'est en A, où les plaques parallèles de la boîte à feu et du foyer s'assemblent pour former le vide de la porte par où l'on introduit le coke.

Le corps B de la chaudière est traversé par 134 tubes, dans lesquels se divisent la flamme et les gaz carbonés sortant du foyer, sollicités à cet effet par un tirage énergique, dû à l'injection dans la cheminée de la vapeur sortant des cylindres. Ces gaz se rendent dans le troisième compartiment C, appelé *boîte à fumée*, et de là dans la cheminée C', en se dépouillant dans ce trajet de la plus grande partie de leur chaleur, qui se transmet à l'eau dans laquelle les tubes sont plongés.

La vapeur formée se rend dans le dôme D, descend par le tuyau E, terminé à sa partie supérieure par un appareil dit régulateur, et se distribue à l'aide de deux tiroirs F4, dans deux cylindres horizontaux G. Là, elle imprime à chacun des pistons H un mouvement rectiligne alternatif, qui, par l'intermédiaire de la bielle K (Fig. 1, Pl. 5), fixée, d'un côté à la tige du piston, et de l'autre à un arbre L, coudé à deux manivelles, se change en un mouvement circulaire continu, qui se communique aux roues motrices M, fixées sur cet arbre.

Deux soupapes O et O' permettent de régler convenablement la pression de la vapeur, et un

niveau d'eau P, ainsi que des robinets d'épreuve P′, P″ et P‴, mettent le mécanicien à même de reconnaître à chaque instant la hauteur de l'eau dans la chaudière.

DE LA CHAUDIÈRE ET DE SES ACCESSOIRES.

Matériaux employés. — Les métaux employés par Sharp et Roberts pour la confection de la chaudière, sont : la tôle de fer, le cuivre rouge, et le laiton ou cuivre jaune fondu.

Toutes les parties de la chaudière qui ne sont pas exposées à l'action directe du feu sont en tôle de fer, que sa grande ténacité fait généralement rechercher pour la confection des chaudières à vapeur ; les parties, au contraire, qui, baignées d'eau, ont le contact immédiat de la flamme et du combustible, sont de préférence en cuivre rouge, parce que le fer, dans ces circonstances, vu sa facile oxidation, se détériorait trop rapidement.

On prévoit, d'après cela, que les cylindres de la chaudière, la boîte à fumée et l'enveloppe extérieure de la boîte à feu sont en tôle, tandis que les parois du foyer et les rivets qui sont noyés dans l'eau sont en cuivre rouge.

Les tubes de fumée sont en laiton, parce qu'il résiste mieux que le cuivre au frottement des fragments de coke, entraînés par la force du tirage.

Toutes les parties en apparence, telles que dômes, garnitures extérieures, etc., sont également en cuivre jaune fondu, en raison de l'aspect de propreté qu'il donne à la machine.

Corps de la chaudière. — Les machines locomotives étant des machines à vapeur à haute pression, la forme du corps de la chaudière est nécessairement cylindrique; ce corps a 1 mètre de diamètre intérieur dans les locomotives de Sharp : c'est la dimension généralement adoptée.

Il est rare qu'on s'éloigne du chiffre cité ci-dessus, parce qu'en augmentant au-delà d'une certaine limite le diamètre de la chaudière, on accroît trop rapidement le poids de la machine; on est entraîné d'ailleurs, par là, à donner à la tôle une épaisseur trop forte, car, dans les locomotives comme dans les chaudières des machines fixes, elle se détermine à l'aide de la formule :

$$C = 0{,}0018\, D\, (n - 1) \times 0{,}003,$$

qui a été prescrite par une ordonnance royale pour les chaudières cylindriques.

e indique l'épaisseur de la tôle en mètre.

D exprime le diamètre de la chaudière.

n représente la pression de la vapeur en atmosphères.

Sharp et Roberts donnent à la tôle une épaisseur de 0^m008.

Le mode de construction qu'ils adoptent pour le corps de la chaudière est simple et solide.

Trois feuilles seulement, ayant chacune un développement de 3^m14, composent la partie cylindrique, qui est formée souvent, par d'autres constructeurs, de quatre, six et neuf feuilles. La tôle, plus résistante dans le sens du laminage que dans l'autre, est disposée de manière que ce soit dans ce sens qu'elle résiste à la plus forte pression, par conséquent perpendiculairement à l'axe de la chaudière, et non pas parallèlement, comme il est fait quelquefois dans un but d'économie.

Les feuilles, placées bout à bout, sont réunies par une bande de tôle ayant une largeur de 0^m08 et une épaisseur de 0^m008, qui vient couvrir leur joint, et qui est fixée par deux rangées de rivets placés à chaud.

Ces rivets, écartés de 0^m05 d'axe en axe, ont un diamètre de 0^m018.

Dans le sens longitudinal, la jonction se fait d'une manière identique.

Ce mode de réunion des feuilles est plus simple que celui qui consiste à les superposer, parce qu'il dispense du battage des extrémités de la tôle, opération qui est alors nécessaire pour en réduire l'épaisseur.

La méthode employée par Sharp et Roberts a encore l'avantage de conserver à l'intérieur de la chaudière sa forme parfaitement cylindrique, et de laisser naturellement, par suite des saillies des bandes de tôle, entre le corps de la chaudière et les douves en bois dont on les recouvre, une couche d'air qui, étant mauvais conducteur du calorique, s'oppose aux déperditions de la chaleur.

Boîte à feu. — Malgré les avantages que possède la forme cylindrique, et qui résultent de ce que, la section étant un cercle, tous les points de la circonférence sont soumis à une pression égale pour tous, on y renonce cependant généralement pour certaines parties de la chaudière : ainsi, la section de la boîte à feu est presque toujours un rectangle; toutefois, Bury et Hick donnent aux parois latérales de leurs foyers, à l'exception de celle qui reçoit l'assemblage des tubes, la forme d'un cylindre, dont la base est la grille; la plupart des autres constructeurs n'imitent pas cette disposition, quoique très-rationnelle sous le point de vue de la résistance, parce que la périphérie du cercle étant un minimum, on s'éloigne de la solution du problème qu'on doit chercher, et qui consiste à obtenir pour le foyer la plus grande surface de chauffe possible, toutes choses égales d'ailleurs.

Sharp et Roberts ont consolidé d'une manière convenable les parois de la boîte à feu et du foyer qui, planes et verticales, sont sujettes à se déformer facilement, en raison de la forte pression et de la haute température auxquelles elles sont soumises.

Ils relient les deux côtés latéraux de l'enveloppe extérieure par un arc en plein cintre, et placent, de distance en distance, des boulons qui, rivés sur les parois concentriques, s'opposent à leur écartement. Les plaques qui reçoivent les tubes sont maintenues d'une manière semblable, et, de plus, celle du côté de la boîte à fumée est liée à la partie antérieure de la boîte à feu par des tirants fixés par des clavettes dans des pattes rivées, disposées à cet effet.

La caisse intérieure en cuivre, qui enveloppe le combustible, a ses parois latérales parallèles aux côtés correspondants en tôle, de l'enveloppe extérieure; la partie supérieure, toutefois, en est plane, et résisterait difficilement à des déformations, si elle n'était consolidée au moyen de six entretoises en fonte A''', placées parallèlement entre elles, suivant la longueur de la plaque sur laquelle elles sont adaptées, à l'aide de boulons taraudés, rivés solidement à la partie inférieure.

Bury termine la partie supérieure du foyer par une calotte sphérique, et se dispense par là de toute espèce d'armature. Cette disposition est bonne,

et, selon nous, préférable peut-être à celle employée par Sharp et Roberts, parce que les entretoises dont nous avons parlé, présentant une assez grande épaisseur, s'interposent entre l'eau et la partie supérieure du foyer, que la chaleur ne peut alors traverser aussi facilement, et le métal reste sous l'influence d'une température trop élevée, qui diminue sa résistance.

Au chemin de fer de Saint-Germain, on essaie actuellement des foyers dont le dessus a la forme d'une courbe parabolique, par laquelle on espère obtenir une réverbération plus complète et plus énergique de la chaleur.

Sharp et Roberts, pour éviter les joints et les rivures, dont l'emploi a toujours lieu au détriment de la solidité, font d'une seule et même feuille de cuivre trois côtés du foyer ; savoir : celle du dessus et les deux latérales de droite et de gauche. Dans les machines françaises, chacun des côtés du foyer est fait avec une feuille spéciale.

La jonction, à la partie inférieure de la boîte à feu et de la caisse intérieure, est opérée au moyen de fers d'angle, de la forme d'un Z, fixés par des rivets.

Le Z est quelquefois composé par deux fers d'angle formant l'escalier, assemblés entre eux par le milieu. La première disposition est plus simple, mais toutes deux permettent le nettoyage complet du bas de la boîte à feu, et par cela même

nous semblent mieux entendues que celle adoptée par Stephenson et Hawthorn, qui replient les côtés du foyer sur les parois de la boîte à feu en produisant ainsi des étranglements, d'où il est difficile de déplacer les dépôts formés par l'évaporation de l'eau.

Au Creusot, on met entre les deux enveloppes un cadre en fer méplat, qui diminue l'étranglement et nécessite un moins grand élargissement de la partie inférieure du foyer.

L'ouverture A'', que vient fermer la porte de la grille, est obtenue également par le rapprochement des parois du foyer et de la boîte à feu. La porte forme un ovale de $0^m 350$ de largeur sur $0^m 290$ de hauteur; elle est composée de deux feuilles en tôle parallèles, reliées par quatre boulons à têtes rivées, et espacées de $0^m 025$, afin de laisser subsister entre les deux parois une couche d'air qui, se renouvelant sans cesse, garantit celle extérieure d'une trop haute élevation de température.

Grille. — Les grilles des machines Sharp et Roberts se composent de quatorze barreaux, de la forme indiquée Fig. 13, Pl. 7. Afin d'y ménager un espace suffisant pour le passage de l'air qui doit alimenter la combustion, ces barreaux sont plus larges à leurs extrémités qu'au milieu. Ils sont supportés par un cadre en fer forgé, et sont

mobiles, pour que le mécanicien puisse débarrasser le foyer de son combustible, lorsque, par suite d'un dérangement des organes de la machine, il est obligé d'en arrêter la marche. Primitivement en fonte, ils se font actuellement en fer forgé, moins susceptible de se casser par suite de la variation brusque de température à laquelle ils sont exposés lorsqu'on est dans la nécessité de recourir à la manœuvre que nous venons d'indiquer, et qui consiste à introduire dans la masse incandescente une tige en fer, dite lance, et à soulever quelques barreaux.

Dans les nouvelles machines de Stephenson, la disposition des barreaux est un peu différente. La grille est partagée en deux parties par une barre transversale en fer, destinée à supporter l'une des extrémités des barreaux, qui n'ont plus alors que la moitié de la longueur du foyer, et qui ne sont pas placés dans le prolongement les uns des autres : leur nombre est de trente-deux. Cette disposition est extrêmement incommode.

Les dimensions des grilles des locomotives de Sharp et Roberts sont :

Largeur.	$1^m 10$.
Longueur.	$0^m 910$.
Surface.	$1^m 00$.
Hauteur au-dessous de la première rangée des tubes.	$0^m 54$.

Capacité du foyer jusqu'à la même hauteur (hectolitres). . . . . 5h 40.

La charge des foyers des anciennes locomotives était beaucoup moindre : ils contenaient rarement au delà de 3 hectolitres à 3 h. 50 de coke.

Les grands foyers, lorsqu'ils ne dépassent pas d'une manière sensible les dimensions données par Sharp et Roberts, sont fort avantageux, en ce que les chargements de la grille sont moins fréquents, et les mécaniciens moins souvent exposés à voir baisser momentanément la pression de la vapeur, par suite du refroidissement que causent le combustible frais introduit par la porte et l'air extérieur qui se précipite dans le foyer ainsi que dans les tubes.

Dans le tableau suivant, nous avons résumé les dimensions des foyers d'un certain nombre de machines.

Les locomotives *la Rapide*, *la Seine-et-Oise*, *le Creusot*, *Mathieu-Murray*, *Fulton*, *Mulhouse*, *la Victorieuse*, marchent sur le chemin de fer de Versailles (rive gauche); *la Ville de Turcoing*, sur celui de Lille à la frontière belge ; *la Gauloise*, sur celui de Versailles (rive droite); *Rouen*, sur la ligne de Paris à Rouen; *Monge* et les deux autres de Stephenson, sur celle de Paris à Orléans.

TABLEAU I.

Dimensions des foyers de différentes locomotives.

Noms des constructeurs.....	Sharp.	Hawt-orn.	Cavé.	Creusot.	Pauwels.	Jackson.	Hick.	Mayer.	Stephenson.				Budicom
Noms des machines.....	*Rapide.*	*Seine-et-Oise.*	*Gauloise.*	*Creusot.*	*Ville de Turcoing.*	*Mathieu Murray.*	*Fulton.*	*Mul-house.*	*Victo-rieuse.*	*Monge.*	Détente variable.	Machine à marchan-dises.	Rouen.
	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m	m.	m.	m.	m.	m.
Largeur de la grille.....	1.100	1.060	1.080	1.035	1.040	1.076	0.700	1.070	1.040	1.040	0.915	1 031	1.050
Longueur de la grille.....	0.910	0.760	0.940	0.800	1.033	0.570	0.980	0.773	0.970	0.775	0.923	0.865	0.845
Distance de la grille au premier rang des tubes.....	0.540	0.500	0.660	0.690	0.820	0.540	0.600	0.580	0.630	0.540	0.570	0.454	0.264
— à la porte du foyer.....	0.640	0.560	0.660	0.700	0.940	0.560	0.540	0.640	0.700	0.680	0.642	0.665	0.520
— au haut de la boîte à feu	1.400	1.400	1.255	1.190	1.450	0.840	1.255	1.200	1 060	1.120	1.147	1.095	0.927
Surface de la grille (m. q.)...	1.0000	0.8060	1.0152	0.8280	1.080	0.6130	0.5800	0.8270	1.0088	0.8060	0.8440	0.8910	0.8558
Espace compris entre les deux parois du foyer.....	0.080	0.080	0.090	0.085	0.077	0.070	0.070	0.080	0.070	0.075	0.075	0.075	0.084
Capacité du foyer jusqu'au 1er rang de tubes (hectol.).	5.400	4.030	6.700	5.740	8.856	3.340	3.470	4.796	6.360	4.352	4.810	4.045	2.259
— à la porte du foyer.	6.400	4.500	6.700	5.790	9.828	3.450	3.432	5.293	7.060	3.481	5.440	5.925	4.450
Capacité totale.....	11.014	8.500	12.741	9.855	15.660	5.150	6.528	9.924	10.690	9.027	9.680	9.756	7.953

Les foyers des locomotives de Sharp et Roberts, du Creusot et des nouvelles Stephenson, sont ceux qui nous semblent être construits dans les meilleures proportions. Ceux du Creusot, surtout, nous ont donné, au chemin de fer de Versailles (R. G.), d'excellents effets.

La section en est un peu moindre que celle de *la Rapide*, mais la capacité en est la même, parce que la distance du fond de la grille à la porte du foyer est plus grande. Cette disposition est avantageuse, en ce que l'air extérieur est obligé de traverser une couche de combustible incandescent plus considérable, et se rend aux tubes plus uniformément échauffé.

Les cotes que l'on remarque dans les colonnes des machines *le Mathieu-Murray* et *le Fulton*, l'une, de Jackson de Leeds, l'autre, de Hick de Bolton, ne sont rapportées que pour mémoire : ce sont des petites locomotives à quatre roues, dont la puissance est de beaucoup inférieure à celle des locomotives dont nous avons parlé.

Boîte à fumée. — La forme extérieure de la boîte à fumée est semblable à celle de la boîte à feu, seulement elle est complétement close.

La construction en est simple. Sur le fond, formé par une plaque en tôle horizontale, sont rivées les quatre parois verticales; celles de droite

et de gauche sont assemblées par le haut, au moyen d'une feuille de tôle recourbée en plein cintre et portant la cheminée; les deux autres, dont l'une, recevant les abouts des tubes, intercepte la communication avec le corps cylindrique de la chaudière, et dont l'autre forme la devanture de la machine, sont reliées aux premières à l'aide de cornières : dans cette dernière paroi, est ménagée une porte Z, mobile autour de deux charnières, et fermée par sept pattes.

Cette porte permet le nettoyage des tubes ainsi que la visite de tiroirs et des cylindres, qui, se trouvant placés dans la boîte à fumée, sont préservés du contact de l'air extérieur, par conséquent des inconvénients résultant du refroidissement et de la condensation de la vapeur.

Stephenson, dans ses nouvelles locomotives, a mieux combiné que Sharp et Roberts l'ouverture et la fermeture de cette porte. Il ne la fait pas d'une seule pièce et évite de la rabattre en avant, parce que cette disposition est défectueuse en ce que la porte, dans cette position, empêche l'accès facile de la boîte à fumée et présente à celui qui veut y travailler une surface toujours tapissée d'une couche blanche, salissante, de cendres de coke. Il emploie deux battants se développant latéralement et se recouvrant l'un l'autre pour empêcher l'entrée de l'air. Leur fermeture se fait en

trois points : au milieu par une barre de fer, aux parties supérieures et inférieure à l'aide de deux pattes mobiles.

Dans les machines de Stephenson, dont le châssis est à l'intérieur des roues, la construction de la boîte à fumée diffère totalement de celle adoptée par Sharp et Roberts.

La forme en est circulaire et les cylindres ne s'y trouvent pas renfermés. Le nettoyage des boîtes à fumée de cette forme est difficile, parce qu'on ne peut en enlever qu'à la main les cendres qui s'y rassemblent. Dans *la Rapide*, cette opération se fait très-commodément à l'aide de la petite porte *t'*, ménagée exprès pour cet usage à la partie inférieure de la boîte.

Dans les machines de Sharp et Roberts, le fond de la boîte se trouve à $0^{m}52$ au dessus du niveau des rails. Il est important de ne pas réduire cette hauteur, parce qu'il faut pouvoir poser les robinets purgeurs dont nous parlerons plus loin, et qu'il est nécessaire de préserver la machine des chocs résultant de la rencontre de corps étrangers, laissés malheureusement trop fréquemment sur la voie par des cantonniers négligents.

Dans les machines pour marchandises, cette hauteur est beaucoup moindre. Elle n'est que de $0^{m}120$ dans les locomotives de Stephenson à châs-

sis extérieur, ce qui ne laisse pas que d'être très-dangereux.

Cette disposition désavantageuse résulte de ce que, pour donner plus d'adhérence à ces machines et les mettre à même, par conséquent, de remorquer un convoi plus lourd, on est obligé de recourir à l'accouplement des roues motrices avec les roues de derrière ou celles de devant, accouplement qui nécessite un diamètre rigoureusement égal pour les quatre roues et des cylindres inclinés, les bielles et les tiges des pistons devant pouvoir passer en dessus ou en dessous de l'essieu antérieur sans jamais venir le rencontrer dans aucune de leurs positions.

L'inclinaison à donner aux cylindres est moins grande lorsqu'on relie les roues motrices avec celles de derrière. Toutefois, la distance de la partie inférieure de la boîte à fumée au-dessus du niveau des rails est toujours moindre que pour les locomotives pour voyageurs, parce que le diamètre des roues motrices dans ces machines, est de beaucoup supérieur à celui qu'on donne aux roues couplées des locomotives pour marchandises (*a*).

(*a*) Il n'est peut-être pas superflu de définir ici en quelques lignes, les différences qui existent entre les machines pour marchandises et celles pour voyageurs.

La vitesse étant le but principal des premières, elles demandent des roues motrices d'un grand diamètre, et de petites courses de piston,

On exécute séparément les trois parties de la chaudière que nous venons de décrire.

Pour les assembler, on commence par fixer, à l'aide de cornières circulaires, le corps cylindrique de la chaudière aux deux plaques verticales qui doivent recevoir les abouts des tubes, puis, au moyen de fers d'angle, on relie ces plaques aux parois de la boîte à feu et à celles de la boîte à fumée. La pose du foyer se fait ensuite, et celle des tubes de fumée en dernier lieu.

Tubes de fumée. — Les tubes de fumée sont généralement en laiton. Stephenson cependant, dans ses dernières locomotives, lui a substitué le fer creux étiré, qui est beaucoup plus économique.

Les anciens tubes présentent moins de diffi-

pour que, dans un temps donné, le chemin parcouru puisse être le plus grand possible.

Dans les machines pour marchandises, le développement d'une grande puissance de traction étant au contraire l'objet important, les relations à établir entre le diamètre des roues motrices et la course des pistons, sont précisément inverses à celles nécessaires aux machines pour voyageurs, car l'on remorque à une vitesse voulue et une pression donnée, un convoi d'autant plus lourd que le rapport entre les bras du levier de la puissance et de la résistance est plus petit.

Or, comme les résistances à vaincre sur un railway peuvent être considérées comme appliquées tangentiellement aux roues motrices, une machine locomotive est d'autant plus puissante que le diamètre de ces roues est plus petit relativement aux coudes des manivelles qui représentent les leviers auxquels la vapeur transmet une action d'autant plus intense que leur rayon est plus grand.

Les mêmes causes qui tendent à augmenter la puissance de traction d'une machine, diminuent donc sa vitesse.

cultés dans la pose et donnent moins souvent lieu aux fuites, qui sont fréquentes dans les machines de Stephenson. Ils nous semblent préférables pour cette raison.

L'assujettissement des tubes dans les deux parois qui reçoivent leurs extrémités, se fait à l'aide de viroles cylindriques, en acier, qu'on chasse fortement avec un mandrin en fer.

La pose des tubes doit être faite avec grand soin, car souvent le manque de production de vapeur d'une chaudière n'a d'autre cause que les fuites d'eau qui, se faisant jour par les joints mal faits des tubes, viennent se répandre sur le combustible et l'éteindre. Dans les machines de Sharp et Roberts les extrémités en sont rabattues sur les chanfreins ménagés autour des trous dans lesquels ils entrent à frottement doux. Ils font office d'entretoises en s'opposant à l'écartement des parois qui les portent.

Le diamètre intérieur des tubes des machines de Sharp et Roberts est de $0^{m}040$, leur épaisseur de $0^{m}025$ et leur poids de 8 kilog. par mètre courant.

L'expérience a prouvé qu'on ne devait que peu s'écarter de ces données. En rétrécissant davantage le diamètre des tubes, les particules de coke entraînées par la force du tirage peuvent les obstruer trop facilement; on accroît aussi par là la résistance qu'éprouve l'air dans son mouvement,

on affaiblit par conséquent la puissance de vaporisation de la chaudière; en augmentant au contraire ce diamètre, on diminue la surface de chauffe, les tubes ne pouvant plus être en aussi grand nombre. Dans les chaudières de Sharp et Roberts il y en a 134.

Leur écartement d'axe en axe est de 0^m060; c'est le rapprochement le plus grand qu'on puisse obtenir entre deux tubes consécutifs, parce qu'il faut que la couche d'eau qui les entoure soit suffisante, qu'elle puisse se renouveler facilement et que les sels qui se déposent au fur et à mesure de la formation de la vapeur, puissent se déposer sans venir envelopper les tubes. La dernière rangée est éloignée de 0^m40 de la génératrice supérieure de la chaudière, afin de donner une hauteur suffisante à la chambre à vapeur.

Les premiers tubes se trouvent de 0^m070 au-dessus du fond de la chaudière. Cette distance est nécessaire pour que les dépôts de sels puissent se loger, sans être en contact avec les tubes inférieurs qui seraient brûlés par suite de la couche calcaire qui les envelopperait et qui, concentrant la chaleur dans l'intérieur, produirait une élévation de température supérieure à celle qu'ils peuvent supporter.

Les tubes extrêmes de la plus grande rangée sont écartés de 0^m035 des génératrices latérale de la chaudière.

La longueur et le nombre des tubes sont des quantités qui varient d'un constructeur à l'autre : le tableau ci-contre, renfermant les mêmes machines que le tableau n° 1, en donne un exemple.

En comparant la machine *le Mathieu-Murray* à celle à marchandises de Stephenson, on voit que les tubes, quant au nombre, sont dans le rapport de 1 à 2. La machine de Jackson est venue en France en 1837, celle de Stephenson en 1842. Si l'on considère la longueur, on remarque également de grands changements. Ils n'avaient que $2^{m}00$ dans *le Mathieu-Murray*, dont nous nous servons comme point de départ; ils ont $3^{m}69$ dans les locomotives à détente variable. Dans *la Victorieuse*, Stephenson ne leur avait donné que $2^{m}65$, dans *Monge*, qu'il a construite après, il les a portés à $3^{m}20$. Il a donc augmenté successivement. La dernière dimension adoptée, c'est-à-dire $3^{m}69$, nous semble cependant être une limite supérieure qu'on ne saurait dépasser sans inconvénient, parce que d'une part il faudrait pour les machines des plaques tournantes spéciales, d'une grande dimension, coûteuses et difficiles à fondre, et que d'autre part on rend par là trop pénible la conduite de la vaporisation en raison du volume d'eau considérable que contient la chaudière et qui demande une attention extrêmement soutenue de la part du mécanicien, que la moindre négligence, soit dans le chauffage, soit dans l'ali-

TABLEAU II.

Dimensions des tubes de fumée de différentes locomotives.

Noms des constructeurs.	Sharp.	Hawt-orn.	Cavé.	Creusot.	Pauwels.	Jackson.	Hick.	Mayer.	Stephenson.				Budicom.
Noms des machines.....	*Rapide.*	*Seine-et-Oise.*	*Gauloise.*	*Creusot.*	*Ville de Turcoing.*	*Mathieu Murray.*	*Fulton.*	*Mul-house.*	*Victo-rieuse.*	*Monge.*	Détente variable.	Mahines à marchan-dises.	Rouen.
Diamètre intérieur.....	m. 0.040	m. 0.040	m. 0.050	m. 0.040	m. 0.045	m 0.044	m. 0.037	m. 0.041	m. 0.040	m. 0.040	m. 0.040	m. 0.040	m. 0.041
Longueur	2.540	2.580	2.650	2.600	2.800	2.000	2.335	2.586	2.655	3.200	3.690	3.040	2.620
Nombre.....	134	121	103	120	123	82	76	123	143	147	145	162	132

mentation, peut exposer à manquer de vapeur. Un dernier reproche à faire aux chaudières trop longues résulte du temps nécessaire pour la mise en vapeur qui souvent n'est pas moins de trois heures et demie dans les dernières machines de Stephenson, ce qui est beaucoup trop long dans un cas pressé. Les autres locomotives n'exigent que deux heures.

Surfaces de chauffe. — Par la description succincte que nous avons donnée, au commencement de cette notice, de l'ensemble de la machine, on a vu que la chaleur se transmet à l'eau de la chaudière de deux manières différentes : par *rayonnement*, à la partie qui environne le foyer ; par contact, à celle qui baigne les tubes. Les quantités de calorique qui passent, par mètre carré et par heure, par la surface de chauffe directe et celle par contact varient, selon les expériences de M. Stéphenson, dans le rapport de 3 à 1, ou, en d'autres termes, la puissance calorique du foyer est triple de celle des tubes. Ces chiffres étant généralement admis en pratique, on considère, lorsqu'on calcule les surfaces de chauffe des locomotives, une surface moyenne ou réduite, qui est égale à la surface directe augmentée du tiers de celle des tubes.

Dans le tableau suivant, nous avons résumé les dimensions des surfaces de chauffe des machines qui nous ont déjà servi de terme de comparaison.

TABLEAU III.

Dimensions des surfaces de chauffe de différentes locomotives.

Noms des constructeurs.....	Sharp.	Hawt-orn.	Cavé.	Creusot.	Pauwels.	Jackson.	Hick.	Mayer.	Stephenson.				Budicom
Noms des machines.....	*Rapide.*	*Seine-et-Oise.*	*Gauloise.*	*Creusot.*	*Ville de Turcoing.*	*Mathieu Murray.*	*Fulton.*	*Mul-house.*	*Victo-rieuse.*	*Monge.*	Détente variable.	Machine à marchan-dises.	Rouen.
Surface de chauffe directe...	m. 3.0320	m. 4.35	m. 6.00	m. 4.84	m. 6.69	m. 4.00	m. 3.40	m. 4.96	m. 4.80	m. 4.77	m. 4.55	m. 4.94	m. 3.99
— — par les tubes.	47.99	44.05	42.84	43.68	54.12	22.60	17.60	41.38	54.23	59.08	67.14	61.72	44.52
— — totale.....	53.02	48.40	48.34	48.52	60.81	26.60	21.00	56.34	59.03	63.85	71.67	66.66	48.52
— — réduite.....	21.02	19.00	20.28	19.40	24.73	11.53	9.27	18.75	22.87	24.46	26.87	25.54	18.83
Rapport entre la surface de chauffe directe et celle de contact.....	9 6	11	7	11	9	6.5	6	8.5	11	12	8.5	12.5	

Vaporisation par mètre carré et par heure. — La vaporisation des locomotives étant un des éléments importants du calcul de leur puissance, nous avons fait avec soin, au chemin de fer de Versailles (R. G.), quelques expériences avec la machine dont nous publions les dessins, et les chiffres que nous avons trouvés ont été peu différents de ceux indiqués par M. de Pambour, dans son traité sur les locomotives, où il indique qu'en moyenne à une vitesse de trente-deux kilomètres à l'heure, un mètre carré de surface de chauffe *totale* vaporise soixante kilogrammes d'eau. On se rappelle d'ailleurs que M. de Pambour a trouvé que la vaporisation variait comme la racine quatrième de la vitesse; qu'elle est indépendante de la pression dans la chaudière, et qu'elle est quintuple de celle qui a lieu sans l'application de la tuyère.

Dans les chaudières des machines fixes, la vaporisation n'est que de 20 à 30 kilogrammes d'eau par mètre carré et par heure. La différence considérable qu'on remarque tient à la grande activité de la combustion dans les locomotives.

La moyenne que nous venons de rappeler n'a rien d'absolu; car, quelque soin que l'on apporte dans les expériences de ce genre, la vaporisation est soumise à des influences dont il est impossible de tenir compte, et qui, cependant, peuvent modifier considérablement les résultats.

Cheminée. — La partie supérieure de la boîte à fumée porte, comme nous l'avons dit, la cheminée, par où se rendent dans l'atmosphère la fumée sortant des tubes et la vapeur chassée par les pistons.

Cette cheminée se compose de trois feuilles en tôle d'une épaisseur de 0^m003, se juxtaposant et réunies à l'aide de cercles en bronze formant moulures; son diamètre intérieur est de 0^m350, et sa hauteur de 1^m600.

Son extrémité supérieure est recouverte par un panier en fils de fer croisés, destiné à retenir les particules de coke incandescent qui, entraînées par la force du tirage, pourraient occasionner des incendies.

Dans l'intérieur de la boîte à fumée se trouve, dans le même but, une plaque C''', percée d'un grand nombre de trous, et supportée par des tasseaux en fer rivés sur les parois de la boîte à fumée, dont elle a la section. Cette plaque s'oppose parfaitement aux projections d'étincelles; elle les force de retomber dans le bas de la boîte à fumée; mais cette plaque a l'inconvénient d'exiger beaucoup de main-d'œuvre lorsque l'on veut l'ôter pour démonter le tuyau d'échappement. En la faisant à deux battants, et par conséquent à charnières, on la mettrait dans de très-bonnes conditions.

Stephenson, dans ses nouvelles locomotives, se

dispense du panier placé au sommet de la cheminée parce qu'il lui trouve le défaut de nuire au tirage et à la sortie de la vapeur. Il embrasse simplement le tuyau d'échappement par un entonnoir en fil de fer, qui vient s'épanouir intérieurement contre le cylindre de la cheminée, et qui s'oppose également bien à la projection des morceaux de coke enflammés.

Le tableau ci-contre donne les dimensions des cheminées de quelques machines.

Le diamètre, comme on voit, en est généralement compris entre 0^m300 et 0^m350. Quant à la hauteur, elle varie entre 1^m68 et 2^m20. Quelques constructeurs augmentent la longueur des cheminées en les prolongeant dans l'intérieur de la boîte à fumée, c'est une disposition à imiter. Le tirage naturel s'établit d'une manière plus facile

TABLEAU IV.

Dimensions des cheminées de différentes locomotives.

Noms des constructeurs.	Sharp.	Hawi-orn.	Cavé.	Creusot.	Pauwcis.	Jackson.	Hick.	Mayer.	Stephenson.			Budicom.
Noms des machines.....	*Rapide.*	*Seine-et-Oise.*	*Gauloise.*	*Creusot.*	*Ville de Turcoing.*	*Mathieu Murray.*	*Fulton.*	*Mul-house.*	*Victo-rieuse.*	*Monge.*	Détente variable.	Rouen.
Diamètre intérieur.....	m. 0.350	m. 0.285	m. 0.300	m. 0.330	m. 0.300	m. 0.350	m. 0.325	m. 0.337	m. 0.390	m. 0.333	m. 0.320	m. 0.345
Hauteur intérieure.....	1.680	2.200	1.860	1.950	2.000	2.200	2.130	1.750	1.700	2.080	2.000	1.465
Section (mètre carré)...	0.0964	0.0628	0.0700	0.0850	0.0700	0.0850	0.0820	0.0880	0.1172	0.0860	0.0800	0.0930
Rapport de cette section à celle de la grille.	10	12.8	14.5	9.7	15.4	7·2	7	8.4	9	9.5	11	9.1

Tirage. — Les travaux d'art sous lesquels passent les locomotives (*b*) s'opposant à ce qu'on donne aux cheminées des hauteurs suffisantes à un tirage actif, comme cela a lieu dans les chaudières des machines fixes, où il est dû à la différence des poids de l'air qui entre sur la grille et de celui qui s'échappe par le sommet de la cheminée, il s'établit d'une manière mécanique (et c'est là une des belles inventions de M. Stephenson), par un jet continu de vapeur qui, en arrivant dans la cheminée, chasse rapidement et avec force les gaz sortant du foyer, en laissant derrière elle un vide que vient combler immédiatement une nouvelle masse d'air qui alimente la combustion. Le tirage absorbe par là, il est vrai, une portion notable de la puissance de la machine, parce que la vapeur qui se rend dans le tuyau d'échappement laisse subsister une assez forte pression derrière les pistons, en sens contraire de leur mouvement, mais, quel que soit le moyen qu'on emploierait pour produire ce tirage, aucun ne saurait être aussi énergique ni éviter une perte de force.

Poids de la chaudière. — Le poids de la chau-

(*b*) La distance verticale du dessus du niveau des rails à l'intrados des voûtes des souterrains, est fixée au minimum par l'administration des ponts et chaussées, pour les chemins de fer de France, à 4m30, et la hauteur sous clé à 5m50.

dière est de 6,000 kilog., en y comprenant celui des tubes.

Appareils d'alimentation. — Pompes. — Deux pompes aspirantes et foulantes, disposées symétriquement de chaque côté de la partie cylindrique de la chaudière et boulonnées contre les longerons *hh* (Pl. 5, Fig. 1), remplacent, au fur et à mesure des besoins, l'eau qui se transforme en vapeur. Elles sont données à l'échelle de 1/5 (Pl. 7, Fig. 7), et se composent chacune d'un corps de pompe en bronze N, d'un diamètre intérieur de 0^m045, dans lequel se meut une tige en fer, dite plongeur, de 0^m044 de diamètre, fixée par l'intermédiaire d'un manchon à la crosse du piston correspondant, qui lui communique parallèlement à lui-même le mouvement de va et vient qu'il reçoit de la vapeur.

Un stuffingbox *a*, serré convenablement et traversé par le plongeur, empêche l'eau de s'échapper du corps de pompe qui, d'un diamètre supérieur à celui du plongeur, n'a pas besoin d'être alésé.

Une soupape *b*, placée dans le tuyau vertical N'', sert à l'aspiration, et deux autres soupapes b^2 et b^3, placées à la partie supérieure dans deux chapelles spéciales N''', N''', servent à refouler l'eau dans la chaudière, à l'aide d'un tuyau recourbé, muni en son milieu d'un robinet N^4. Un autre

tuyau *n*, soudé à l'une des chapelles N''', terminé par un petit robinet N7, vient à portée du mécanicien, qui peut ainsi s'assurer à volonté si l'alimentation se fait convenablement.

L'addition d'une seconde soupape de refoulement, qu'adoptent actuellement presque tous les constructeurs, est extrêmement avantageuse. Le mécanicien n'est plus exposé par là, comme cela a lieu avec les anciennes pompes, à voir sa chaudière se vider, si, par une cause quelconque, une des soupapes de refoulement vient à rester momentanément ouverte.

Ces soupapes sont d'une construction particulière. Elles se composent chacune d'un boulet *a* en cuivre tourné, venant reposer sur une partie sphérique rodée *f*. Ce boulet est guidé verticalement, dans le mouvement que lui imprime l'eau, par les quatre branches qui forment la cage dans laquelle il est emprisonné. Cette cage est filetée à sa partie supérieure et vient se visser dans la chapelle disposée pour la recevoir, de telle sorte que ni elle ni le boulet ne présentent aucune difficulté pour être visités. Ce dernier est creux à l'intérieur, pour qu'il ne vienne pas frapper avec trop de force le dôme de la cage.

La soupape d'aspiration est également à boulet et ne diffère des précédentes qu'en ce que la cage en cuivre, au lieu de se visser, se pose simplement sur le tuyau venant du tender, qu'un écrou à crans

relie avec le tuyau vertical d'aspiration. (Voir le détail, Fig. 7, Pl. 7).

Dans la construction de ces soupapes, il faut éviter avec soin, soit de recourber à angle droit à la partie supérieure, les branches verticales des cages, soit de les réunir en forme de croisillons. Les angles vifs résultant de cette dernière disposition ôtent toute force à ces chapelles, qui, sous l'influence des chocs incessants des boulets, se brisent dans un temps très-court. Ce vice de construction a été remarqué dans quelques machines françaises, livrées au chemin de fer de Versailles (rive gauche) dans lesquelles après huit jours de marche, il a fallu remplacer toutes les boîtes à boulet.

Les robinets N', placés de chaque côté de la machine entre la chaudière et les pompes (Pl. 1, Fig. 1), sont extrêmement commodes, en ce qu'ils permettent aux mécaniciens de faire aux pompes les réparations qu'elles peuvent réclamer, sans qu'ils soient incommodés par l'eau de la chaudière.

Les soupapes des pompes des machines de Hawtorn et de Cavé, sont à clapets au lieu d'être à boulets; elles exigent beaucoup plus de soin pour leur entretien que ces dernières qui, pour cette raison, leur sont préférables.

La position des pompes n'est pas toujours horizontale, et la transmission de mouvement au

plongeur se fait quelquefois d'une manière différente de celle que nous venons de voir dans les machines de Sharp et Roberts.

Dans une machine dite *la Victorieuse* du chemin de fer de Versailles (rive gauche), Stephenson a placé verticalement les pompes alimentaires qui sont fixées aux parois extérieures de la boîte à feu. Des excentriques spéciaux, boulonnés sur les moyeux des roues de derrière, transmettent le mouvement aux plongeurs par l'intermédiaire de leviers. La course des plongeurs n'est pas égale dans cette machine comme cela a lieu habituellement à celle des pistons des cylindres. Elle se trouve réduite à $0^{m}19$. Le corps de pompe, en raison même de cette faible course, est fortement augmenté; il a $0^{m}080$ de diamètre intérieur. Cette manière de placer les pompes est plus compliquée que celle généralement adoptée; elle en facilite, il est vrai, la visite, mais comme celle-ci se fait d'une manière suffisamment commode dans les pompes horizontales, nous ne voyons aucun autre avantage à cette disposition, si ce n'est celui de ne point fatiguer les tiges des pistons à vapeur, qui, dans quelques cas rares, ont été faussées par les plongeurs.

Dans ses plus récentes machines, Stephenson a abandonné le système des pompes verticales, pour une autre disposition plus ingénieuse et tout à fait

nouvelle. Il fixe les pompes horizontalement derrière l'essieu coudé contre une plaque en fer rivée sur la paroi intérieure de la boîte à feu, et met les plongeurs en mouvement au moyen des colliers des excentriques de la marche en arrière. Les chemins parcourus par ceux-ci n'étant que de 0^m10, les corps de pompe sont, comme ceux de *la Victorieuse*, d'un assez fort diamètre, ils ont 0^m106. Stephenson a fait le changement que nous venons d'indiquer, afin de pouvoir placer le cadre de la machine à l'intérieur des roues, ce qu'il n'aurait pu faire d'une manière convenable avec l'écartement habituel de nos voies, s'il avait laissé les pompes latéralement.

La construction des plongeurs est particulière. Ils sont en fonte et ont la forme d'un cylindre creux. A la partie inférieure ils sont terminés par un disque en fer fileté qui se visse au plongeur et qui est destiné à empêcher la sortie de l'eau. Au centre du disque est fixée la tige qui communique au collier de l'excentrique. Ces plongeurs ont l'inconvénient de donner souvent lieu à des fuites d'eau.

Nous avons résumé dans le tableau suivant les dimensions des pompes de quelques locomotives.

TABLEAU V.

Dimensions et puissance d'alimentation des pompes de différentes locomotives.

Noms des constructeurs	Sharp.	Hawtorn.	Cavé.	Creusot.	Pauwis.	Mayer.	Bury.	Stehelin-Hubert.	Stephenson.		
Noms des machines	*Rapide.*	*Seine-et-Oise.*	*Gauloise.*	*Creusot.*	*Ville de Turcoing.*	*Mulhouse*	*Seine.*	*Alsace.*	*Victorieuse.*	*Monge.*	Détente variable.
	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
Diamètre intérieur des pompes	0.045	0.045	0.068	0.047	0.050	0.045	0.044	0.050	0.076	0.048	0.106
Course du piston	0.464	0.457	0.230	0 460	0.464	0.464	0.415	0.460	0.490	0.458	0.405
Section de la pompe	0.00162	0.00162	0.00363	0.00173	0.00196	0.00162	0.00152	0.00196	0.00453	0.00181	0.00863
Volume d'une cylindrée de pompe en litres	0.132	0.780	0.834	0.796	0.910	0.752	0.630	0.902	0.864	0.828	0.906
Volume d'une double cylindrée de vapeur, en litres (*a*)	79.23	66.72	83.69	7.857	79.25	105.14	54.04	72.08	104.24	77.23	104.10
Poids de la vapeur dépensée pour un tour de roue à quatre atmosphères effectives. (Kilogr.) (*b*)	0.204	0.171	0.215	0.202	0.204	0.260	0.132	0.186	0.268	0.198	0.259
Rapport du poids de la vapeur dépensée au poids de l'eau fournie par la pompe	10/37	10/43	10/37	10/39	10/44	10/27	10/47	10/36	16/32	10/42	10/35

(*a*) Nous avons indiqué le volume de vapeur dépensé pour une double cylindrée et non pour un seul coup de piston, parce que le volume d'eau fourni par les pompes exige deux courses des plongeurs.

(*b*) Le poids de la vapeur dépensée a été obtenu en multipliant les chiffres de la ligne *a* par 2k568, poids du mètre cube de vapeur à cinq atmosphères ou quatre atmosphères effectives.

Les quatre dernières lignes de ce tableau ont été calquées sur celles d'une note de MM. Petiet et Flachat, insérée dans l'excellent Guide du mécanicien conducteur des machines locomotives. Dans cette note, ces habiles ingénieurs ont calculé les volumes d'eau qu'une machine dépense au minimum aux différentes pressions de la vapeur, et en les comparant à celui fourni par les pompes alimentaires supposées toutes deux en état de fonctionner, ils ont trouvé, comme l'on voit, qu'à la plus grande pression (quatre atmosphères effectives), les deux pompes peuvent fournir quatre et même six fois plus d'eau qu'il n'en est dépensé par les cylindres. Deux pompes seraient donc inutiles pour l'alimentation de la chaudière s'il ne fallait prévoir le cas où l'une d'elles pourrait venir à manquer. Les rapports indiqués ci-dessus ne sont d'ailleurs que des minima, comme le dit M. Petiet, parce qu'il a calculé rigoureusement le volume d'eau dépensé, sans tenir compte des pertes qui viennent augmenter cette dépense et qui proviennent de ce que les pompes ne débitent jamais l'eau à pleine section, et qu'une quantité d'eau notable peut être entraînée par la vapeur dans les cylindres.

Sharp et Roberts injectent l'eau des pompes vers le milieu du corps cylindrique de la chaudière dans le voisinage des génératrices inférieures

et font faire un coude très-brusque aux tuyaux de refoulement.

Cette disposition n'est pas aussi bien entendue que celle qu'on remarque dans les locomotives de Jackson et dans les dernières de Stephenson. Dans ces machines l'eau est introduite à l'extrémité du corps de la chaudière, près de la boîte à fumée, un peu au-dessous de la hauteur de la nappe, à laquelle on maintient habituellement le niveau de l'eau. On utilise par là le combustible d'une manière plus complète, car la fumée ne s'échappe qu'à la plus basse température possible; on évite en outre que les dépôts qui se rassemblent à la partie inférieure de la chaudière ne s'introduisent dans ces tuyaux de refoulement et ne s'interposent entre les soupapes des pompes, accident assez fréquent dans les locomotives de Sharp et Roberts. Cette disposition permet aussi de donner aux tuyaux de refoulement des longueurs telles que l'eau puisse y reprendre facilement son niveau et se déverser sans difficulté.

La position du régulateur de *la Rapide* a forcé Sharp et Roberts de placer les orifices d'introduction de l'eau comme nous l'avons fait remarquer. Le régulateur en effet, se trouvant disposé à l'extrémité de la chaudière, l'alimentation n'aurait pu se faire vers la boîte à fumée sans occasionner la condensation d'une partie de la vapeur se rendant aux cylindres, ce qui aurait de graves inconvénients.

Stephenson, dans les machines livrées au chemin de fer de Versailles (rive gauche), a préféré amener les tuyaux de refoulement sur les parois verticales de la boîte à feu, parce que l'ébullition est plus active dans cette partie de la chaudière, et que l'eau ne s'y renouvelle que difficilement.

Cette disposition à laquelle il a d'ailleurs renoncé dans ses dernières locomotives n'est pas à imiter, parce que, la chaleur ayant toute son intensité dans la boîte à feu, on est exposé à quelque danger si, par la négligence du mécanicien, le niveau descendait d'une manière notable et si l'eau froide du tender venait tout à coup baigner les parois rouges du foyer.

On a vu par la description que nous avons donnée du mouvement des pompes alimentaires, que celui-ci était toujours dépendant de celui de la machine. Souvent cependant, il est urgent d'alimenter la chaudière sans qu'on puisse momentanément faire marcher la locomotive, soit qu'un dérangement dans ses organes s'y oppose, soit qu'il y ait encombrement sur la voie. Pour éviter alors que le métal du foyer ne se brûle, le mécanicien est forcé de vider son foyer et de se débarrasser du combustible incandescent.

Cette mesure extrême à laquelle on est malheureusement souvent contraint de recourir dans le service des chemins de fer, est fort dispendieuse

en même temps qu'elle n'est pas exempte de toute espèce de danger, car on a fréquemment incendié ainsi les bois du châssis de la machine, ainsi que les wagons composant le convoi. Sharp et Roberts, dans les dernières locomotives qu'ils ont livrées au chemin de Versailles (rive gauche), dispensent de cette manœuvre difficile par l'addition qu'ils ont faite à leurs machines d'une pompe aspirante et foulante (Fig. 1, Pl. 1.) placée verticalement sur la plate-forme du mécanicien et que celui-ci peut faire mouvoir à bras lorsque, par une circonstance quelconque, il ne peut faire usage des pompes alimentaires. Nous n'insisterons pas sur les avantages réels de cette heureuse innovation, parce qu'on comprend facilement de quel secours peut être une pompe additionnelle de cette nature, convenablement disposée; celle de Sharp et Roberts n'est pas encore suffisamment étudiée (*c*).

(*c*) Dans les gares, les jours de grande affluence, quand il y a beaucoup de machines en feu, on n'a pas toujours un emplacement suffisant pour pourvoir à leur alimentation; la pompe additionnelle de Sharp et Roberts peut alors être avantageusement utilisée, mais sa manœuvre étant à la fois lente et pénible, le procédé suivi au chemin de fer de Saint-Germain et de Rouen, nous semble préférable. Il consiste à faire porter les roues motrices de la locomotive à alimenter, sur deux roues de wagons, calées sur un même essieu, et venant tangentiellement aux rails interrompus pour leur donner passage. Les fusées de l'essieu étant d'ailleurs serrées dans des supports en fonte, reposant solidement sur un massif en maçonnerie construit dans une fosse pratiquée au-dessus de la rue de service, il suffit d'ouvrir le régulateur pour faire tourner les roues motrices sans qu'il y ait déplacement de la machine.

Tuyaux de raccordement. — Les tuyaux de raccordement mettant en communication les pompes avec l'eau du tender, doivent être disposés de telle sorte qu'ils permettent et l'accès des soupapes d'aspiration de la pompe et le passage facile des courbes. Ceux de Sharp et Roberts satisfont à ces deux conditions, à l'aide des genoux O et O'. Le premier sert à visiter la soupape d'aspiration; il suffit, en effet, de dévisser le raccord et d'incliner le tuyau soit à droite, soit à gauche, pour mettre la soupape à découvert. Ce genou ne se trouvait pas dans les premières machines de Sharp et Roberts, dans lesquelles, pour arriver à la soupape d'aspiration, il fallait démonter tout le tuyau de raccordement. C'est un perfectionnement utile que les constructeurs ne manqueront pas d'adopter.

Le genou O' remédie aux inconvénients qui pourraient résulter dans les courbes de la rigidité complète du tender et de la machine.

Dans les locomotives du chemin de fer de Rouen, pour donner au tender une indépendance complète et le mettre à même de se mouvoir librement autour de la barre d'attelage, les tuyaux de raccordement, en venant des pompes, se réunissent en un seul, placé au-dessous du foyer, suivant l'axe de la machine et parallèlement à la barre d'attelage. Le tender n'alimente, par suite, que d'un seul côté, ce qui peut ne pas être sans inconvénient.

Au chemin de fer de Versailles (R. G.), on a essayé de disposer en forme de serpentin les tuyaux en cuivre venant du tender, afin de permettre à l'eau de reprendre son niveau et d'éprouver moins de frottement. Cette disposition a fort bien réussi.

Appareils de sûreté. — Soupapes. — Pour régler la pression de la vapeur, la chaudière est munie de deux soupapes de sûreté Q et Q' placées, l'une, sur la boîte à feu, à la portée du mécanicien, l'autre, sur le dôme dans lequel se rassemble la vapeur, pour se distribuer de là dans les cylindres (Fig. 1, Pl. 1). Ces deux soupapes, semblables l'une à l'autre, d'une construction particulière, sont données en détail Fig. 4, Pl. 7.

Elles diffèrent de celles des chaudières des machines fixes, en ce qu'un ressort remplace le poids dont on les charge habituellement, et qui, en raison de sa mobilité, ne saurait être appliqué sur les locomotives. Elles se composent d'un disque en bronze *a*, conique à sa partie inférieure, et portant une tige entrant dans un manchon *d*, réservé dans le socle *e* fixé à la chaudière, et formant le siége de la soupape. La pression s'opère au moyen du levier *f*, dont le centre d'oscillation est en *r*, dans un petit support *g*, adapté au socle *e*, et dont l'extrémité est traversée par une tige *h*, taraudée à sa partie supérieure. Sur cette tige se visse un

écrou *i*, qui permet d'augmenter ou de diminuer à volonté la tension d'un ressort suspendu à l'extrémité de la tringle *h*. Ce ressort, qui est à boudin, se trouve renfermé dans une boîte en tôle *l*, dont la partie antérieure est formée par une plaque en cuivre *m*, divisée sur toute sa longueur, et dans laquelle se meut une aiguille *n*, indiquant au dehors la pression de la vapeur. L'extrémité inférieure du ressort porte une tige *o*, qui se fixe, à l'aide d'un boulon, à une patte en forme de fourche adaptée à la chaudière.

Les chiffres de l'échelle des soupapes des machines de Sharp et Roberts ne représentent que la tension du ressort, exprimée en livres anglaises. Pour avoir la pression par unité de surface de la soupape, il faut multiplier le poids accusé sur l'échelle par le rapport des deux bras de levier et diviser le produit par la surface de la soupape exprimée en pouces carrés; la pression est alors donnée en livres anglaises par pouce carré. Le rapport des bras de levier est de 1 à 6 dans *la Rapide*, et la surface de la soupape est de 5 pouces carrés.

Cette graduation n'est pas commode en France, où l'on est habitué à se rendre compte des pressions de la vapeur en kilogrammes, par centimètre carré. Aussi, la plupart du temps, les mécaniciens serrent leurs soupapes sans se rendre un compte exact de la tension de la vapeur dans la chaudière.

Les constructeurs anglais devraient, pour cette raison, graduer en kilogrammes les balances des machines qu'ils expédient en France.

Quelquefois, et c'est selon nous une combinaison à imiter, on donne aux deux parties du levier des longeurs telles, que leur rapport soit exprimé par le nombre même qui représente la surface de la soupape. On est dispensé par là de tout calcul, le poids inscrit sur la soupape accusant directement la pression par unité de surface de la balance.

Le calcul que nous avons indiqué ci-dessus ne donne la pression de la vapeur que d'une manière approximative, car nous avons fait abstraction du poids des différentes parties dont se compose la soupape.

Les positions choisies par Sharp et Roberts, pour l'emplacement des soupapes, sont très-convenables : l'une d'elles indique la pression là où la vapeur se rend aux cylindres ; l'autre, dans la partie où l'ébullition est la plus forte.

Stephenson, dans ses dernières locomotives, réunit les deux soupapes sur la partie supérieure de la boîte à feu, parce que le régulateur se trouve en cet endroit, et aussi parce qu'il a voulu supprimer, au-dessus de la chaudière, toutes les armatures en cuivre qui demandent beaucoup de

main-d'œuvre et de soins pour être entretenues proprement. Ces soupapes, rassemblées ainsi sur un même point, gênent le mécanicien. Le volume de vapeur qui s'en échappe l'enveloppe souvent comme dans un nuage; l'inconvénient de l'emplacement serait moindre, si ces soupapes étaient surmontées d'un dôme en cuivre jaune qui conduirait verticalement la vapeur, comme cela été fait par Sharp et Roberts.

Dans les locomotives de Cavé, de Hick et de Jackson, l'une des deux soupapes est fixe et chargée un peu plus fortement que celle variable; elle est renfermée dans une boîte en cuivre jaune, et diffère de celle que nous avons décrite en ce qu'elle est pressée par la tension de dix feuilles courbes en acier faisant ressort et se présentant deux à deux leur forme convexe; au centre, elles sont guidées par une broche en fer, et à leurs extrémités par deux tiges, boulonnées au socle sur lequel repose la soupape.

On renonce généralement aujourd'hui à l'emploi des soupapes fixes, parce qu'au bout d'un certain temps elles cessent de bien fonctionner. Elles n'avaient été employées dans l'origine que pour munir la chaudière d'une soupape à l'abri de l'imprudence des mécaniciens. On a, depuis, reconnu l'inutilité de cette mesure.

Le tableau suivant résume les dimensions des soupapes de quelques locomotives.

TABLEAU VI.

Dimensions des soupapes de différentes locomotives.

Noms des constructeurs	Sharp.	Hawthon.	Cavé.	Creusot.	Mayer.	Bury.	Stehelin.	Stephenson.		
Noms des machines	*Rapide.*	*Seine-et-Oise.*	*Gauloise.*	*Creusot.*	*Mulhouse.*	*Seine.*	*Alsace.*	*Victorieuse.*	*Monge.*	Détente variable.
Diamètre de la plus petite base	m. 0.067	m. 0.064	m. 0.100	m. 0.076	m. 0.067	m. 0.065	m. 0.076	m. 0.065	m. 0.100	m. 0.102
Surface (cent. quarrés)	33.23	32.15	78.50	45.34	33.23	33.16	45.34	33.16	78.50	81.47

L'administration des ponts et chaussées a imposé la formule suivante, pour la détermination du diamètre des soupapes dans les machines fixes :

$$d = 2{,}6 \sqrt{\frac{c}{n - 0{,}412}}$$

dans laquelle d représente le diamètre exprimé en centimètres, c la surface de chauffe totale en mètres carrés, et n la pression effectuée dans la chaudière exprimée en atmosphères.

MM. Petiet et Flachat ont cherché le rapport qui existait entre les surfaces des soupapes des locomotives et celles données par la formule, et ils ont trouvé que ce rapport était celui de 3 à 4, ce qui ne peut avoir d'inconvénient, parce que la grande puissance de vaporisation n'a lieu qu'à la condition d'un tirage énergique qui n'existe que quand la machine est en marche.

Plaque fusible et bouchon en plomb. — Outre les soupapes, les locomotives de Sharp et Roberts ont encore deux appareils de sûreté : une plaque fusible et un bouchon en plomb.

La plaque fusible est placée en Q''', sur l'enveloppe extérieure de la boîte à feu : son but est le même que dans les machines fixes.

Le bouchon en plomb est placé en Q^4, sur la paroi supérieure du foyer, et est destiné à empê-

cher que le mécanicien ne laisse brûler le métal de sa chaudière. Ce bouchon se fond, en effet, quand le conducteur néglige complétement l'alimentation; il livre alors passage à la vapeur, qui se répand sur le combustible du foyer en l'éteignant.

Niveau d'eau et robinets d'épreuve. — Le mécanicien devant pouvoir reconnaître à tout instant la hauteur de l'eau dans la chaudière, deux appareils sont à sa disposition : un niveau d'eau et des robinets d'épreuve.

Le niveau d'eau seul serait suffisant, si le tube en verre dont il se compose n'était sujet à s'obstruer, à se casser facilement, et si le mouvement de la machine ainsi que l'ébullition lui permettaient d'accuser la hauteur réelle de l'eau dans la chaudière.

Les robinets d'épreuve sont au nombre de trois dans les machines de Sharp et Roberts, et se trouvent étagés sur la droite de la boîte à feu, de telle sorte que le plus bas indique le *minimum* d'eau que la chaudière doive avoir quand elle est en feu.

La construction du niveau d'eau est extrêmement simple. Il se compose de deux tubulures en bronze, fixées solidement contre la paroi antérieure de la boîte à feu, dans lesquelles s'ajuste un tube en verre ouvert aux deux bouts, et communiquant par sa partie inférieure avec l'eau de la chaudière et par celle supérieure avec la vapeur

formée. Au moyen des deux robinets *b*, *b'* (Fig. 2, Pl. 7), on peut intercepter cette communication ; à l'aide d'un troisième *e*, on peut vider le tube, dont l'eau descend sur la voie par le tuyau *v*. Il serait à désirer que toutes les locomotives fussent munies de cette petite conduite additionnelle, au moyen de laquelle on peut vérifier le niveau de l'eau sans craindre de se brûler les pieds.

Dans les nouvelles machines de Stephenson, les robinets d'épreuve et le niveau de l'eau se trouvent réunis ensemble. Il y a, parallèlement au tube de verre, un cylindre en cuivre qui est muni de trois robinets, et qui communique avec la chaudière à l'aide de deux tubulures.

Cette disposition ne nous semble pas à imiter, parce que les robinets d'épreuve et le niveau se trouvant toujours obstrués en même temps, on n'a pas, dans ces machines, deux manières de vérifier la hauteur de l'eau dans la chaudière.

Le sifflet à vapeur. — Le sifflet à vapeur est, comme l'on sait, l'appareil au moyen duquel le mécanicien signale le passage du convoi et appelle du secours dans des cas d'accident. Les sons qui s'en échappent peuvent s'entendre à des distances considérables, si, dans sa construction, on a satisfait aux deux conditions principales, que nous indiquerons plus loin.

Le sifflet des machines de Sharp et Roberts, d'une forme extrêmement gracieuse (Fig. 5, Pl. 7), se compose d'un tuyau *a*, se vissant sur la paroi supérieure de la boîte à feu, et recevant en *b* un robinet *e*, que le mécanicien peut manœuvrer à l'aide d'un manche *d*. Quand le robinet est ouvert, la vapeur de la chaudière a accès dans le petit canal *a*, et se distribue par quatre trous circulaires *d*, dans une chambre cylindrique *f*, rétrécie à l'aide du cône *g* qui la conduit au pourtour, et réduit à un demi-millimètre l'ouverture par laquelle elle s'échappe en faisant vibrer le dôme *h*. L'intensité du son produit, dépend de la composition du dôme et de sa disposition. Pour qu'il ait toute sa force, il faut que son extrémité inférieure soit taillée en biseau, et qu'elle tombe exactement dans l'axe de l'ouverture par où se précipite la vapeur. L'effet de la vibration est presque insensible si l'on ne satisfait pas rigoureusement à cette condition. En donnant au dôme un diamètre supérieur à celui que nous venons d'indiquer, la vapeur tend à s'y engouffrer; en lui assignant un diamètre moindre, elle s'échappe sans venir le rencontrer.

La cloche, pour produire un son très-sonore doit être faite avec un alliage se rapprochant de celui employé pour les timbres de pendules. Pour permettre aux molécules de vibrer facilement, son épaisseur ne doit être que d'un millimètre au plus.

La construction des sifflets de Sharp et Roberts ne laisse rien à désirer.

Trou d'homme. — Dans *la Rapide*, il n'y a pas d'ouverture spéciale réservée au trou d'homme; le dôme dans lequel s'élève le tuyau de prise de vapeur, en fait fonction. On a rarement besoin d'entrer dans l'intérieur du corps de la chaudière. Dans les nouvelles machines de Stephenson, il. il n'en est pas de même : le régulateur se trouvant dans la partie supérieure de la boîte à feu, le trou d'homme est indispensable.

Robinet de vidange. — Pour vider l'eau que renferme la chaudière, la boîte à feu est munie d'un robinet *t*. Le choix de son emplacement n'est pas indifférent. Dans la position qu'il occupe dans *la Rapide*, il a le grave inconvénient d'envoyer dans le mécanisme de distribution, le sable que vient affouiller l'eau au-dessous de la boîte à feu. En plaçant ce robinet sur le côté, comme on le voit dans les locomotives de Hawthorn et de Stephenson, on n'a pas ce désagrément.

Bouchons de nettoyage. — Le nettoyage de la boîte à feu est une opération importante. Pour qu'il puisse se faire facilement, on perce aux

incommodes quand on pique le feu, pour débarrasser la grille du mâche-fer qui s'y forme et parce qu'ils s'opposent complétement au tirage quand on marche en arrière, ce qui a lieu assez fréquemment, l'air ne pouvant plus avoir d'accès sur la grille. Ils ont d'ailleurs cet autre inconvénient, d'échauffer assez fortement l'essieu de derrière. C'est du moins ce qui a lieu pour les machines de Stephenson qui en sont munies au chemin de fer d'Orléans. Sur cette même ligne, quelques locomotives ont des cendriers à fond mobile, de telle sorte qu'en marche on peut couvrir ou découvrir plus ou moins la grille, et, en stationnement, la clore complétement par en dehors pour empêcher tout accès d'air. Cette disposition serait bonne, si elle n'avait aussi l'inconvénient de supprimer le tirage pour la marche en arrière.

Dans le tableau suivant nous avons résumé les dimensions extérieures des chaudières d'un certain nombre de locomotives.

On voit que les machines à détente variable de Stephenson sont celles dont les chaudières sont le plus longues, elles surpassent de $2^{m}625$ celle du Mathieu Murray, de Jackson. Ce sont les chaudières les plus étendues qu'on ait faites jusqu'ici.

TABLEAU VII.

Dimensions extérieures des chaudières de quelques locomotives.

Noms des constructeurs	Sharp.	Hawthorn.	Cavé.	Pauwels.	Mayer.	Jackson.	Stephenson.				Budicom.
Noms des machines	*Rapide.*	*Seine-et-Oise.*	*Gauloise.*	*Ville de Turcoing.*	*Mulhouse.*	*Mathieu Murray.*	*Victorieuse.*	*Monge.*	Détente variable.	Machine à marchandises.	Rouen.
	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
Longueur de l'extérieur de la boîte à feu à l'extérieur de la boîte à fumée	4.200	4.450	4.325	4.520	4.446	3.425	4.340	4.600	5.750	4.701	4.144
Diamètre extérieur du corps de la chaudière	1.050	1.000	1.000	1.095	1.054	1.000	1.070	1.070	1.070	1.090	1.080
Longueur de cette partie	2.447	2.450	2.550	2.800	2.403	2.000	2.600	3.200	3.660	3.070	2.480
Largeur extérieure de la boîte à feu	1.270	1.270	1.270	1.265	1.306	1.250	1.270	1.240	1.400	1.240	1.344
Longueur *id.*	1.140	1.050	1.140	1.128	1.036	0.750	1.130	0.870	1.120	1.080	0.974
Largeur extérieure de la boîte à fumée	1.270	1.240	1.270	1.265	1.266	1.256	1.292	0.300	1.400	1.300	1.216
Longueur *id.*	0.650	0.650	0.625	0.640	0.677	0.591	0.636	0.700	0.870	0.700	0.750

Digitized by Google

DEUXIÈME PARTIE.

DE LA DISTRIBUTION DE LA VAPEUR ET DE L'APPLICATION DE LA DÉTENTE.

Prise de vapeur. Dans les machines de Sharp et Roberts, la prise de vapeur se fait à l'extrémité de la partie cylindrique de la chaudière, tout près de la boîte à fumée, parce que, l'ébullition y étant moins active que dans le voisinage du foyer, l'eau y est moins agitée et par suite moins disposée à se mélanger avec la vapeur. Pour sécher celle-ci d'une manière complète avant son entrée dans les cylindres, le tuyau conducteur s'élève dans un large dôme formant récipient qui, pour être garanti du contact de l'air extérieur, est enveloppé par un second dôme en cuivre jaune.

Dans quelques-unes de ses nouvelles machines, Stephenson a placé la prise de vapeur dans l'in-

térieur même de la boîte à feu. Le mécanicien trouve un avantage dans le choix de cet emplacement, parce qu'il exige pour la boîte à feu une grande élévation, derrière laquelle il peut se mettre à l'abri du vent. Cette disposition, qui avait été déjà prise par Bury et Hick, ne nous semble point à l'abri de tout reproche, parce que la vapeur peut trop facilement se mélanger avec l'eau de la chaudière. Dans les machines de Stephenson, nous n'avons jamais eu lieu de constater l'échappement sonore qui caractérise la vapeur sèche.

Régulateur. Pour établir et intercepter à volonté la communication de la chaudière avec les cylindres, et régler selon les besoins, la dépense de vapeur, le tuyau conducteur est muni d'un appareil, dit régulateur, que le mécanicien fait mouvoir à la main, à l'aide d'un levier.

Le régulateur de *la Rapide*, se compose (Fig. 1, Pl. 2, et Fig. 3, Fig. 3_1, Fig. 3_2, Pl. 7) d'un tuyau coudé en bronze E^2 boulonné à la partie inférieure au tuyau en fonte E, conduisant la vapeur, et terminé à la partie supérieure par une plaque évidée, contre laquelle s'applique exactement un disque mobile *aa*, en bronze, pouvant tourner verticalement autour d'un axe *b*, venu avec lui à la fonte et entrant dans un manchon *c*, ménagé dans l'intérieur du tuyau de prise de vapeur. Cette plaque *aa*,

ainsi que le siége fixe, sont percés de quatre ouvertures identiques et selon que les pleins du disque mobile recouvrent plus ou moins complétement les lumières de la plaque fixe, le passage de la vapeur est plus ou moins ouvert ou tout à fait fermé.

Le disque, pour pouvoir être mu à volonté par le mécanicien, porte deux petites oreilles *dd'*; auxquelles sont fixées deux bielles *ee'*, dont les extrémités inférieures sont reliées par un petit balancier *f*. Ce dernier est callé sur une tringle *g* qui traverse la chaudière dans toute sa longueur et qui sort par un stuffing-box, de la paroi antérieure de la boîte à feu.

Ce régulateur est bon et se manœuvre rapidement. Il a, toutefois, l'inconvénient d'être difficile à visiter et de donner quelquefois lieu, par suite d'une superposition imparfaite des deux disques, à des fuites de vapeur souvent dangereuses, parce qu'elles peuvent imprimer un mouvement de déplacement à la machine en stationnement, lorsqu'on n'a pas pris la précaution de placer le levier de changement de marche au point mort; dans le cas même où cette mesure de prudence est prise, ces fuites ont cet autre inconvénient, de rendre presque impossible l'embrayage des fourchettes des excentriques, en raison de la pression prolongée de la vapeur sur les tiroirs qui, en les faisant adhérer trop fortement contre les plaques sur les-

quelles ils glissent, s'oppose à leur déplacement, au moment de la mise en marche.

Hawthorn emploie dans ses locomotives un régulateur que nous préférons à celui de Sharp et Roberts, parce que, placé dans la boîte à fumée, à l'endroit où le tuyau conducteur sort de la chaudière, il est d'un accès et d'une visite faciles. Ce régulateur, comme on le voit Fig. 4, et Fig. 4,, Pl. 11, se compose d'un double secteur en bronze *aa*, renfermé dans une boîte en fonte E, dont une ouverture établit la communication avec le tuyau conducteur F. Ce secteur s'applique intérieurement, contre une pièce K, percée de deux ouvertures semblables, et communique au moyen de l'espace annulaire L, avec les tubes latéraux, par lesquels la vapeur se rend aux cylindres.

Stephenson, qui dans *la Victorieuse* avait adopté le régulateur que nous venons de décrire, et dont le principal avantage consiste à ne nécessiter, pour être mis à découvert, que l'enlèvement de la plaque M, lui en a substitué dans quelques-unes de ses dernières locomotives un autre, d'une forme nouvelle, mais qui, par la difficulté qu'il présente à être mis en mouvement, ne nous semble pas devoir être imité.

Ce régulateur, représenté Fig. 6 et Fig. 6,, Pl. 11, se compose d'un cylindre, portant à sa partie

supérieure une table percée de cinq lumières ayant une longueur de $0^{m}130$, et une largeur de $0^{m}025$, sur laquelle glisse, renfermé sous un couvercle boulonné, un tiroir d'une forme semblable à celle de la table et que le mécanicien peut faire mouvoir à volonté, de l'avant à l'arrière ou de l'arrière à l'avant, pour couvrir ou découvrir plus ou moins les lumières dans lesquelles se précipite immédiatement la vapeur de la chaudière pour se rendre de là aux cylindres.

Ce régulateur, en raison de la grande surface de son tiroir, sur laquelle la vapeur exerce continuellement sa pression, est d'une manœuvre tellement difficile, que souvent la force du mécanicien seul est insuffisante pour le faire mouvoir. En réduisant à deux le nombre des lumières, on peut parer à l'inconvénient que nous venons de signaler.

Dans les machines françaises livrées au chemin de fer de Versailles (rive gauche), le régulateur est peu commode. Une petite manivelle, dont l'effet est toujours moins prompt que celui d'un levier, sert à faire avancer ou reculer horizontalement, à l'aide d'une tige filetée, un disque en bronze qui vient s'appliquer dans l'intérieur du tuyau vertical, contre le tuyau qui amène la vapeur dans les cylindres. Il est difficile d'avoir une faible section d'échappement avec ce régulateur, parce que la vapeur s'échappe dans le tuyau vertical qui

porte une des soupapes de sûreté, tend à presser le disque, et par suite, à se rapprocher de l'ouverture correspondante.

Stephenson, dans ses machines à détente variable, a adopté en dernier lieu un système de régulateur qui nous semble être un des meilleurs qu'on ait faits jusqu'ici. Sa forme est encore celle d'un tiroir, mais la table sur laquelle il glisse, n'a plus qu'une seule lumière, de telle sorte que, la vapeur n'exerce la pression que sur un tiroir d'une surface très-minime, et dont, par conséquent, la manœuvre est toujours facile. Ce régulateur est placé dans le bas de la boîte à fumée, entre les deux cylindres, dans lesquels l'admission de vapeur se fait latéralement. La tringle principale, au lieu de traverser la chaudière dans toute sa longueur, comme cela a lieu dans les différents régulateurs dont nous avons parlé, sort de la boîte à fumée au-dessous de la chaudière, et la communication de mouvement se fait sur le côté de la machine, par un levier parallèle à celui de changement de marche, de telle sorte que le mécanicien, sans détourner les yeux de la ligne, peut manœuvrer à la fois les deux leviers.

Dans les premières locomotives on se servait de robinets comme régulateurs. Aujourd'hui on renonce généralement à leur emploi, parce qu'ils ont le défaut de gripper.

Digitized by Google

Tuyaux de conduite de vapeur. Le tuyau de prise de vapeur de *la Rapide*, dont le diamètre est de 0^m120, se bifurque en sortant de la chaudière en deux autres tuyaux qui longent intérieurement les parois latérales de la boîte à fumée, pour amener dans chacun des cylindres la vapeur nécessaire à la marche des pistons. Quelquefois en cuivre rouge, ces conduites sont en fonte dans les machines de Sharp et Roberts, parce qu'elle résiste mieux à l'action destructive des cendres du coke qui tapissent continuellement l'intérieur de la boîte à fumée; la fonte supporte d'ailleurs mieux que le cuivre mince, la haute température qui y règne presque constamment. Le diamètre intérieur de chacun de ces tuyaux est de 0^m100.

Quelques constructeurs, au lieu de bifurquer le tuyau de conduite de vapeur, le font descendre verticalement en sortant de la chaudière. C'est une disposition vicieuse, parce qu'elle ne permet pas le nettoyage de tous les tubes de fumée dont une partie, cachée par la conduite de vapeur, devient inaccessible au ringard.

Dans les machines du chemin de Rouen, les cylindres se trouvant placés à l'extérieur de la chaudière, les tuyaux qui conduisent la vapeur sur les pistons, sortent de la boîte à fumée. Il doit

évidemment en résulter un refroidissement de la vapeur, et, par suite, une perte de force.

Tuyau d'échappement. La vapeur, en sortant des cylindres, est injectée, comme nous l'avons vu plus haut, dans un tuyau conique, à l'effet de produire un tirage artificiel. Le tuyau d'échappement des machines de Sharp et Roberts est en cuivre rouge; il est fixé à l'aide de deux brides aux conduites de fonte qui longent intérieurement les parois latérales de la boîte à fumée; son diamètre, à la partie supérieure, est de $0^{m}070$; sa section est invariable. C'est là un inconvénient, parce que le mécanicien ne peut, quand la production de vapeur dépasse les besoins, modérer l'activité de son feu autrement qu'en ouvrant la porte du foyer, ce qui agit sur les assemblages des tubes d'une manière fort nuisible.

Stephenson, dans toutes ses machines, adopte maintenant un tuyau d'échappement variable dont le système est très-simple et qui produit au chemin de fer d'Orléans, d'excellents effets, sous le rapport de l'économie de consommation de combustible.

Il se compose (Pl. 11, Fig. 5 et Fig. 5,) d'un disque circulaire en bronze A, du centre duquel s'élève la tuyère C et qui est percé à sa circonfé-

rence de huit ouvertures B, formant saillies. Ce disque est fixé à l'aide de trois boulons à la partie supérieure d'un tuyau vertical D, sur lequel repose un plateau E, percé de huit orifices, semblables à ceux du disque A, sous lequel il est emprisonné, quoique mobile.

Quand le mécanicien veut utiliser toute la force du tirage, les pleins du plateau E doivent être amenés vis-à-vis les lumières du disque A; quand, au contraire, la combustion est suffisamment active, qu'un trop grand appel d'air ne pourrait que produire une consommation inutile de coke, le conducteur fait correspondre les orifices des deux disques, et donne ainsi issue à la vapeur et par les lumières B et par la tuyère C.

On n'a pas de règle fixe pour déterminer les diamètres des tuyaux d'échappement. En comparant ceux adoptés par les différents constructeurs, on remarque de grandes anomalies.

Dans le tableau suivant nous en avons rapporté quelques-uns. (1)

(1) MM. Petiet et Flachat ont cherché à déterminer la résistance qu'occasionne sur les pistons l'application des tuyaux d'échappement. Ils ont trouvé que pour une vaporisation de 120 kilog. seulement, par mètre carré de surface de chauffe réduite et par heure, il existait dans la tuyère une pression moyenne effective qui variait de 1,5 à 1,2 atmosphères; que pour une consommation de vapeur correspondante à une production de 200 kil. par heure et par mètre carré de surface de chauffe réduite, la pression moyenne effective dans le tuyau d'échappement s'élevait de 0,45 à 1 atmosphère, et même plus encore.

TABLEAU VIII.

Dimensions des tuyaux d'échappement de quelques locomotives.

Noms des constructeurs.....	Sharp.	Hawthorn.	Cavé.	Pauwels.	Creusot.	Stephenson.				Budicon.
Noms des machines.....	*Rapide.*	*Seine-et-Oise.*	*Gauloise;*	*Ville de Turcoing.*	*Creusot.*	*Victorieuse.*	*Monge.*	Détente variable.	Machine à marchand	*Rouen.*
	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
Diamètre supérieur des tuyaux d'échappement.....	0.070	0.050	0.056	0.074	0.068	0.066	0.060	0.079	0.065	0.076
Surface (en décim. quarrés).....	0.3846	0.1963	0.2462	0.4299	0.3629	0.3419	0.2826	0.4961	0.3315	0.4336
Rapport de la surface de chauffe réduite à celle d'échappement..	5465	9679	8237	5756	5346	6688	8735	34 b	7696	4185

Boîtes des lumières. Les pistons devant aller successivement de l'avant à l'arrière et de l'arrière à l'avant, il est nécessaire que la vapeur qui doit produire ce mouvement, puisse arriver alternativement vers chacune des extrémités des cylindres, et que celle qui a produit son action puisse se dégager dans l'atmosphère. Pour obtenir cet effet, les deux cylindres sont surmontés chacun d'une boîte rectangulaire, dont le fond, parfaitement plané, est percé de trois ouvertures. Les deux extrêmes, généralement appelées *lumières d'entrée*, sont en communication avec l'intérieur des cylindres, celle du milieu, dite lumière *d'échappement*, l'est avec l'air extérieur.

Un tiroir évidé dans son intérieur et animé d'un mouvement rectiligne alternatif, glisse sur la partie dressée de la boîte et sert à *mettre la lumière de sortie successivement en communication, soit avec la lumière extrême de droite; soit avec celle extrême de gauche, selon que la vapeur se distribue dans l'intérieur des cylindres par la lumière de gauche ou par celle de droite;* il sert en outre, à des moments périodiques, à intercepter complétement tout accès de vapeur, pendant des temps plus ou moins longs, soit d'un côté, soit de l'autre des cylindres, pour produire la détente, comme nous le verrons plus loin.

Sharp et Roberts font venir ensemble à la fonte

les cylindres et les boîtes ; cette disposition est bonne, pourvu toutefois que le constructeur donne aux boîtes une longueur suffisamment grande, afin qu'*à posteriori* on puisse changer, dans une limite assez étendue, soit la longueur extérieure du tiroir, soit celle de sa course. Au chemin de fer de Versailles (rive gauche), nous n'avons pu faire subir à quelques-unes de nos machines les modifications nécessitées par l'application de la détente, parce que les boîtes à vapeur n'avaient que la longueur exactement nécessaire au jeu du tiroir, tel que le constructeur l'avait primitivement fixé. Nous eussions alors préféré que les boîtes fussent indépendantes des cylindres, parce que, sans toucher à ceux-ci, nous aurions pu les remplacer à peu de frais.

Sharp et Roberts élèvent de 5 à 6 millimètres la table des lumières au-dessus du fond de la boîte; cette précaution doit toujours être observée, parce que les corps étrangers, s'introduisant quelquefois dans la boîte, peuvent alors, poussés par le tiroir, se loger dans les cavités ainsi formées, et n'avoir plus aucun inconvénient.

Les sections des lumières extrêmes de *la Rapide* sont à peu près le 1/9 de celle d'un des cylindres; dans les machines de Stephenson, de Hawthorn, de Pauwels, elles sont comprises entre 1/12 et 1/13.

Ces rapports permettent généralement, d'avoir sur les pistons, à des vitesses moyennes de 40 à 48 kilomètres à l'heure, des pressions peu différentes de celle qu'a la vapeur dans le tuyau conducteur.

Comme la vapeur détendue occupe un volume beaucoup plus grand que la vapeur comprimée, et comme son expulsion de l'intérieur des cylindres doit se faire rapidement, la section des lumières d'échappement est plus grande que celle des conduits extrêmes. Le rapport de la surface de l'orifice central à la section du piston est généralement comprise entre 1/6 et 1/8.

Le tableau suivant résume les dimensions des lumières de vapeur de quelques locomotives.

Digitized by Google

TABLEAU IX.

Dimensions des lumières à vapeur de quelques locomotives.

Noms des constructeurs.....	Sharp.	Hawthorn.	Cavé.	Creusot.	Pauwels.	Jackson.	Dixon.	Stephenson.			Budicon
Noms des machines.....	*Rapide.*	*Seine-et-Oise.*	*Gauloise.*	*Creusot.*	*Ville de Turcoing.*	*Jackson*	*Dixon.*	*Victorieuse.*	*Monge.*	Détente variable.	*Rouen.*
	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
Largeur des lumières extrêmes. (mètre)	0.044	0.0335	0.054	0.030	0.035	0.033	0.028	0.034	0.0255	0.0325	0.031
Largeur de la lumière centrale. (mètre)..... ..	0.066	0.060	0.070	0.030	0.070	0.060	0.039	0.0515	0.0760	0.064	0.031
Longueur des lumières extrêmes. (mètre).	0.192	0.163	0.190	0.200	0.190	0.230	0.191	0.255	0.2275	0.252	0.254
Longueur de la lumière centrale. (mètre).....	0.195	0.163	0.190	0.200	0.190	0.230	0.190	0.225	0.2275	0.252	0.254
Surface d'une des lumières extrêmes. (cent. quarrés)..	88 48	54.61	102.60	60.00	66.50	75.90	53.48	86.70	58.08	81.90	78.74
Surface de la lumière centrale. (cent. quarrés).....	128.70	97.80	133.00	100.00	133.00	138.30	74.49	131.33	170.63	161.28	129.54
Rapport de la surface d'une lumière extrême à celle du cylindre.....	9.5	13.3	8.	14	12.7	11.11	15.81	13	14.5	12.1	10
Rapport de la surface de la lumière centrale à celle du cylindre.....	6.5	7.4	6.3	8.4	6.3	6.12	11.34	8.6	4.9	6.1	6.1

Les tiroirs ayant besoin d'être souvent visités les boîtes des lumières ne sont fermées à la partie supérieure que par un couvercle. Quand celui-ci est enlevé, la table sur laquelle glisse le tiroir est parfaitement à découvert. Dans les machines de Sharp et Roberts, ce couvercle est muni à l'intérieur d'une côte (Fig. 1, Pl. 2); elle sert à guide le tiroir et à l'appliquer fortement contre le fond de la boîte; il ne peut par là être soulevé par la vapeur qui s'échappe du cylindre. Quelques constructeurs, au lieu d'une côte rapportée, emploient, dans le même but, un ressort qu'ils fixent sur le tiroir même.

Les boîtes des lumières de quelques-unes des machines du chemin de fer de Saint-Germain, sont accessibles en même temps et par le dessus et par le devant. Cette disposition est à imiter, parce qu'elle permet le passage commode du collier qui embrasse le tiroir.

Le trou qu'on remarque sur le dessin à la partie supérieure du couvercle, doit toujours être tenu fermé pour que les cendres de coke qui remplissent la boîte à fumée ne puissent y pénétrer.

Mouvement des tiroirs. Les tiroirs, pour opérer

le mouvement de va et vient, dont nous avons dit plus haut quelques mots, sont commandés par des excentriques circulaires, calés sur l'essieu moteur. Les excentriques, dans les machines de Sharp et Roberts, sont au nombre de quatre : deux servent à imprimer à la machine le mouvement de l'avant, deux à lui donner le mouvement de recul. A chacun des deux tiroirs appartient un excentrique de l'une et de l'autre espèce. Ils sont embrassés par un collier portant une barre, dont l'extrémité est terminée par une fourchette qui s'accroche au bouton d'un levier fixé sur un arbre, sur lequel est en sens inverse un autre levier qui imprime le mouvement de l'excentrique à la tige du tiroir (Fig. 1, Pl. 2, et Fig. 1, Pl. IV).

La marche des tiroirs est, dans l'étude d'une locomotive, un des points les plus importants à considérer ; aussi croyons-nous qu'il ne sera pas superflu de nous arrêter quelques instants sur la théorie générale de la distribution qui embrasse la discussion des mouvements relatifs des tiroirs et des pistons, et celle des modifications y apportées dans ces derniers temps, par suite de l'application de la détente.

Marche isolée des pistons et des tiroirs. La marche d'un piston est extrêmement simple :

dans chacune de ses courses, il atteint trois points principaux. Deux d'entre eux sont exactement accusés par la manivelle dans deux de ses positions : ce sont les points qui correspondent au commencement et à la fin de sa course. La manivelle est, en effet, horizontale en avant ou en arrière de l'axe moteur, quand le piston est à l'une ou l'autre extrémité du cylindre.

Le troisième point, c'est-à-dire le milieu de la course, n'est pas aussi nettement indiqué par la manivelle, parce que la grande tête de bielle, dans les positions correspondantes aux extrémités et au milieu de la course du piston, ne partageant pas en quatre parties égales la circonférence décrite par la manivelle, sa direction verticale ne correspond pas à la position moyenne du piston; il en résulte que, par rapport au mouvement de la manivelle, les demi-courses du piston sont parcourues avec des vitesses variables et dans des temps inégaux.

Ainsi dans *la Rapide*, lorsque la manivelle passe de D′ en C, ou de D′ en E (Fig. 2, Pl. 12) le piston, placé suivant la direction de la ligne D′K, parcourt les neuf vingtièmes de sa course, tandis que, quand la manivelle décrit l'un des deux arcs DC ou DE, il en achève les onze vingtièmes. On voit d'après cela que ce serait à tort qu'on supposerait le piston au milieu de sa course quand la manivelle correspondante est verticale.

La marche du tiroir est analogue à celle du piston, car l'excentrique qui le commande peut être considéré comme une manivelle qui a pour rayon l'excentricité. Ses mouvements sont toutefois moins irréguliers que ceux du piston, parce qu'il existe une grande différence entre la longueur de la barre d'excentrique et celle de l'excentricité, ce qui fait que les obliquités que prend la barre produisent moins de variations. Aussi peut-on dire que les trois points principaux de la course du tiroir, c'est-à-dire, le commencement, la fin et le milieu, sont exactement accusés par les positions horizontales ou verticales du grand rayon de l'excentrique.

Avant de considérer les relations qui existent entre la marche du piston et celle du tiroir, tel qu'il fonctionne aujourd'hui dans presque toutes les locomotives, nous examinerons ces relations pour une distribution normale, qui pendant longtemps a été la seule employée dans les machines fixes.

Dans une pareille distribution, la vapeur commence à être admise derrière le piston, au moment même où il change de direction; son introduction continue pendant toute sa course, et son échappement dans l'atmosphère commence à s'effectuer à l'instant où le piston revient sur lui-même.

Le tiroir, pour régler ainsi l'entrée et la sortie

de la vapeur, doit évidemment, quand le piston a atteint une des extrémités du cylindre, se trouver dans la position indiquée (Fig. 5, Pl. 10, et Fig. 4, Pl. 12), bouchant les lumières, et avoir un mouvement dirigé dans le sens de la flèche, pour que la vapeur puisse s'introduire par la lumière F''. Il faut, en outre, que ses dimensions soient telles, que la lumière F' puisse être en communication avec la lumière d'échappement, au moment où l'orifice F' commence à l'être avec la chaudière; il faut, par conséquent, que sa longueur intérieure ait pour mesure l'écartement des bords intérieurs des lumières, et que sa longueur totale soit égale à la distance des bords extérieurs des mêmes orifices.

Si l'on suppose alors le mouvement établi, on voit que le tiroir doit découvrir de plus en plus les lumières F' et F'', mais qu'il ne peut continuer sa marche dans le même sens pendant toute la durée de la course du piston, puisque, quand celui-ci en aura atteint la limite et sera sur le point de rétrograder, le tiroir devra être revenu à la position d'où il était parti, pour que l'admission de la vapeur puisse s'effectuer par la lumière F' et pour que l'échappement de celle qui a fait accomplir au piston sa révolution précédente, puisse commencer par l'orifice F''. Le tiroir devra donc, pendant une partie de la course du piston, marcher avec

lui dans le même sens, et revenir sur lui-même pendant l'autre partie.

Les mêmes effets devant se reproduire, mais en sens contraire, quand le piston rétrograde, on en conclut que, pour une course entière de celui-ci, le tiroir doit accomplir deux demi-courses et qu'à chaque changement de direction du piston, ou en d'autres termes, pour chaque position horizontale de la manivelle, le tiroir doit se retrouver au milieu de sa course, c'est-à-dire, bouchant les lumières extrêmes. Or, comme le mouvement du tiroir est lié à celui de l'excentrique, il faut, d'après ce qui a été dit plus haut, que celui-ci soit calé sur l'essieu moteur de telle sorte que son grand rayon fasse un angle droit avec celui de la manivelle. C'est précisément ce qui a lieu dans une distribution normale.

Résumant, pour le cas d'une pareille distribution, les relations existant entre les mouvements du piston et ceux du tiroir, nous pouvons dire, d'après ce qui précède que, pendant que la manivelle du piston passe de l'horizontale à l'horizontale, le grand rayon de l'excentrique passe de la verticale à la verticale; que par conséquent la vitesse du piston va en croissant pendant que celle du tiroir va en décroissant, et par suite que le maximum de chemin parcouru par celui-ci, correspond au minimum de chemin décrit par le tiroir.

Digitized by Google

Pour le montage d'une distribution, l'énoncé ci-dessus a besoin d'être completé, car il n'exprime pas, si l'angle droit, formé par le grand rayon de l'excentrique et la manivelle, doit se trouver en dessus ou en dessous de l'horizontale.

La solution de cette question est différente, toutes choses égales d'ailleurs, selon que le mouvement de l'excentrique est transmis au tiroir *directement* ou *indirectement*, c'est-à-dire selon que la fourchette de la barre de l'excentrique embrasse la tige du tiroir sans aucun intermédiaire comme il est indiqué (Fig. 7, et Fig. 7_1, Pl. 10), ou selon qu'elle vient s'accrocher au bouton du levier fixé sur un arbre sur lequel est en sens contraire un autre levier qui guide la tige du tiroir ainsi que cela a lieu dans les transmissions représentées Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3, Pl. 10.

Dans le premier cas, la fourchette conduit elle-même le tiroir : elle le pousse quand l'excentrique avance, elle l'entraîne quand celui-ci recule.

Dans le cas d'une transmission indirecte, le mouvement est inverse. Quand la fourchette va en arrière, elle pousse le tiroir en avant; quand, au contraire, elle revient sur elle-même, elle entraîne le tiroir dans le sens opposé. Or, comme le tiroir, quel que soit le mode de transmission adopté, doit toujours, pendant la première partie de sa course, marcher dans le même sens que le piston, on en conclut :

Que, pour le cas d'une transmission de mouvement directe, l'excentrique doit être calé de telle sorte que son grand rayon précède toujours la manivelle dans ses révolutions;

Que, pour le cas d'une transmission de mouvement par leviers ou balancier, l'excentrique doit être calé de manière à ce que son grand rayon suive sans cesse la direction de la manivelle.

Avance du tiroir. La distribution normale dont nous venons de parler, présente quelques inconvénients graves.

En effet, l'échappement de la vapeur ne commençant à s'y effectuer qu'à l'instant où le piston revient sur lui-même, et cet échappement ne pouvant se faire instantanément, il se maintient derrière le piston, en sens contraire de son mouvement, pendant une grande fraction de sa course, une résistance considérable, qu'il ne peut vaincre qu'aux dépens de l'effet utile de la machine.

De plus, l'introduction de la vapeur se prolongeant jusqu'à la fin de la course du piston, celui-ci, sur le point de rétrograder, reçoit de nouvelles impulsions qui, inutiles pour le mouvement, sont nuisibles pour la conservation de la machine.

Enfin, l'entrée de la vapeur dans le cylindre n'ayant lieu qu'à l'instant même où le piston change de direction, la distribution peut être sou-

mise à des retards, parce qu'il existe presque toujours, dans les organes du mécanisme, un jeu qui ne permet pas une transmission instantanée des mouvements de l'excentrique.

L'appréciation de ces inconvénients, a porté les mécaniciens, dès l'origine de la construction des locomotives, à modifier la distribution normale de telle sorte que l'échappement et l'introduction de la vapeur, précèdent la fin de la course du piston.

Pour arriver à ces résultats, ils ont changé les relations qui existent dans une distribution normale entre les positions du tiroir et celle du piston. Ils ont réglé le mouvement du tiroir de manière que la communication avec la chaudière, ainsi que celle avec l'atmosphère, se trouvent établies, avant que le piston n'arrive à une des extrémités du cylindre, et ils ont appelé *avance à l'introduction* et *avance à l'échappement*, les quantités dont les lumières extrêmes sont découvertes, soit pour l'admission, soit pour le dégagement de la vapeur, à l'instant où le piston change de direction.

De cette modification résulte que le tiroir doit avoir dépassé le milieu de sa course quand le piston atteint l'extrémité de la sienne, et que par suite, le grand rayon de l'excentrique, au lieu d'être calé perpendiculairement à la direction de la manivelle, doit prendre une inclinaison d'autant plus grande que l'avance donnée est plus considérable.

L'avance est toujours désignée par l'angle que forme le grand rayon de l'excentrique avec la direction qu'il devrait avoir dans une marche sans avance. Cet angle se détermine facilement.

Supposons, en effet, qu'on décrive une circonférence ABCD avec la demi-course du tiroir pour rayon (voir Fig. 3, Pl. 12); BC représentera la course du tiroir, et la ligne AD la direction du rayon de l'excentrique, correspondant à la position moyenne du tiroir. Quand le grand rayon de l'excentrique parcourt l'angle DAC, le tiroir avance ou recule horizontalement de la quantité AC; par conséquent, si AF représente l'avance linéaire, c'est-à-dire la quantité dont le tiroir doit avoir dépassé le milieu de sa course quand le piston est à la fin de la sienne, on a la position correspondante du grand rayon de l'excentrique, en élevant, par le point F, une perpendiculaire sur la ligne AC et en joignant avec le centre A le point d'intersection G de cette perpendiculaire avec l'arc DC. L'angle DAC sera par suite l'*avance angulaire*. Si on mène HG parallèle à AF, on voit que, puisque ces deux lignes sont égales entre elles, et que GH est le sinus de l'angle DAG, on peut dire que le tiroir parcourt horizontalement, dans un cercle ayant la demi-course du tiroir pour rayon, *les sinus des angles formés par le grand rayon de l'excentrique et la verticale.*

De cet énoncé résulte que, pour avoir l'*avance angulaire* correspondante à une *avance linéaire donnée*, ou réciproquement *l'avance linéaire pour une avance angulaire connue*, il suffit de chercher dans un triangle rectangle dont l'hypoténuse devra être égale à la demi-course du tiroir, soit l'angle opposé au sinus donné, soit le sinus opposé à l'angle d'avance.

Ainsi, si le tiroir a une course de 0^m100 et si l'on demande l'avance linéaire correspondante à une avance angulaire de 15°, on cherche le côté droit d'un triangle rectangle, dont la longueur de l'hypoténuse est de 0^m050 et dont l'angle au centre est de 15°. Cette avance linéaire sera par conséquent égale au produit de 0^m050 multiplié par sin. 15°, c'est-à-dire égale à 13 millimètres.

Pour déterminer dans une distribution avec avance la position de l'angle de calage de l'excentrique, il faut distinguer deux cas : celui où la transmission de mouvement au tiroir est directe et celui où elle est indirecte.

Nous avons vu, en parlant de la distribution normale que, pour une transmission de mouvement directe, le grand rayon de l'excentrique précédait toujours la manivelle d'un angle droit. Or, comme on nomme avance la quantité dont le mouvement du tiroir précède celui du piston, et que celle-ci est mesurée par l'angle d'avance, il est

évident que, pour le cas dont il s'agit, le grand rayon de l'excentrique doit précéder la manivelle d'une quantité égale à un angle droit augmenté de celui de l'avance, *et former par conséquent avec la manivelle un angle obtus.*

Pour le cas d'une transmission indirecte, c'est-à-dire d'une transmission par leviers ou balancier, on voit par un raisonnement analogue que, puisque dans ce cas le grand rayon de l'excentrique suit toujours la direction de la manivelle, et que le tiroir prend constamment un mouvement opposé à celui de la fourchette, il faut, lorsqu'il y a avance, que *l'angle de calage de l'excentrique, au lieu d'être droit, soit aigu*, et qu'il ait pour valeur la différence de l'angle droit à l'angle d'avance.

Si nous analysons actuellement les effets de l'avance, nous voyons qu'au commencement de la course du piston, les lumières extrêmes sont découvertes, l'une pour l'introduction, l'autre pour l'échappement de la vapeur; que par suite, la distribution n'est plus sujette à des retards, que la pression de la vapeur s'établit sans difficulté sur le piston dès les premiers instants de sa marche, qu'enfin, en rétrogradant, il rencontre une résistance moindre en raison même du dégagement prématuré de la vapeur. Nous voyons, de plus, le mouvement une fois établi, que le tiroir en revenant sur lui-même, atteint sa position

moyenne, c'est-à-dire bouche toutes les lumières avant la fin de la course du piston; que celui-ci est, par suite, obligé de terminer sans nouvelle admission de vapeur, la fraction de course qui lui reste encore à parcourir, et que par cela même, l'introduction de la vapeur, en sens contraire de la marche du piston, commence à l'instant où son entrée est interrompue du côté opposé du cylindre.

Des effets de l'avance que nous venons de résumer, deux sont d'une importance réelle : l'échappement anticipé de la vapeur, comme diminution de résistance, et l'interruption prématurée de son entrée, comme régularisation du mouvement et comme application de la détente de la vapeur.

De ces deux effets il en résulte un troisième, comme nous venons de le voir : *la marche à contre-vapeur* qui détruit en partie les avantages de l'avance, puisqu'elle engendre *devant* le piston, en sens contraire de son mouvement, une résistance d'autant plus considérable que l'avance est plus grande.

Cet inconvénient est inhérent à la construction même du tiroir qui, bouchant et découvrant toujours au même moment les deux lumières extrêmes, rend l'avance à l'échappement dépendante de l'avance à l'introduction, et réciproquement, et s'oppose par suite à ce qu'on augmente

l'une sans en même temps augmenter l'autre.

En effet, si l'on règle la distribution de telle sorte, que le dégagement de la vapeur commence 25° avant la fin de la course du piston qui, suivant MM. Petiet et Flachat, est l'angle d'échappement produisant les meilleurs résultats, l'introduction de la vapeur, en sens opposé du mouvement du piston, commence aussi 25° avant la fin de la course. Le piston marche alors *à contre-vapeur*, pendant les derniers 25 degrés que la manivelle a encore à parcourir, c'est-à-dire pendant plus du septième de la course totale, ce qui est considérable.

La détente, pour la même cause, ne saurait être utilisée dans une proportion convenable avec le tiroir normal, parce qu'il ne permet pas qu'on intercepte l'admission de la vapeur d'un côté du cylindre, sans immédiatement établir de communication de la chaudière avec le côté opposé, sans engendrer par conséquent de marche à contre-vapeur.

Recouvrement. Détente. — La marche à contre-vapeur étant, comme nous venons de le voir, l'obstacle qui s'oppose à l'application de la détente, on a dû chercher comment elle pouvait être évitée et on a vu que si le tiroir (Fig. 5, Pl. à la fin du texte), au moment où il touche le bord extérieur

de la lumière F″, par où la vapeur a afflué dan le cylindre, ne découvrait pas immédiatement la lumière F′, l'admission de la vapeur serait interceptée à la fois et dans le sens du mouvement du piston et dans le sens opposé.

Cette remarque a conduit à allonger de chaque côté la bande extérieure du tiroir, ou en d'autres termes, à lui donner du *recouvrement extérieur*, dont la mesure s'établit, en plaçant le tiroir au milieu de sa course, et en prenant la quantité dont il dépasse, de chaque côté, les bords extérieurs des orifices extrêmes. Ainsi, pour le cas de la Fig. 6, Pl. à la fin du texte, a étant la longueur totale du tiroir, b l'écartement des bords extérieurs des orifices extrêmes, le recouvrement extérieur sera $\frac{a-b}{2}$.

On conçoit qu'avec un tiroir ainsi modifié, la coïncidence de sa position moyenne avec la fin de la course du piston, indiquée pour une distribution normale, ne saurait exister : aussi l'excentrique doit-il être calé de telle sorte que le tiroir ait dépassé le milieu de sa course, de la longueur même du recouvrement extérieur, quand le piston arrive à l'extrémité de la sienne.

L'avance angulaire de l'excentrique, pour un recouvrement extérieur donné, se détermine de la même manière que l'avance pour un tiroir nor-

mal. Par conséquent, si l'on opère par le calcul, on cherche l'angle qui correspond, dans une circonférence décrite sur la course du tiroir comme diamètre, à un sinus égal en longueur au recouvrement.

Si l'on opère graphiquement, on trace une circonférence avec la demi-course du tiroir pour rayon, et on porte soit à droite, soit à gauche de la verticale DA (Fig. 3, Pl à la fin du texte), une longueur AF égale au recouvrement, ensuite par le point F on élève une perpendiculaire sur le diamètre BC et on joint avec le centre A le point d'intersection G de cette droite et de la circonférence. L'avance angulaire est alors représentée par l'angle DAG.

Il est rare que l'angle d'avance de l'excentrique corresponde seulement au recouvrement extérieur. Pour permettre à la vapeur d'établir sans entrave sa pression sur le piston, dès le commencement de sa course, et pour prévenir d'ailleurs les retards auxquels la distribution peut être sujette, on règle le mouvement du tiroir de manière à ce que la lumière par où la vapeur doit affluer, soit déjà découverte de quelques millimètres (quatre ou cinq généralement), quand le piston atteint l'extrémité correspondante du cylindre. Il en résulte alors pour lui, il est vrai, une marche à contre-vapeur, mais ses inconvénients, vu la petite fraction de la course du piston pendant la-

quelle elle a lieu, sont pleinement compensés par les avantages qu'elle procure. L'angle d'avance de l'excentrique doit donc correspondre, dans ce cas, à un sinus ayant pour longueur le recouvrement extérieur, augmenté des quelques millimètres dont la lumière extrême est découverte.

L'avance donnée au tiroir se désigne toujours, comme nous l'avons dit plus haut, par l'angle que le grand rayon de l'excentrique forme sur l'essieu moteur, avec la position qu'il devrait avoir pour une marche normale et sans avance.

Considérée linéairement, l'avance est différemment désignée.

Ainsi on nomme :

Avance à la distribution la quantité dont le tiroir a marché depuis le milieu de sa course, jusqu'au bord extérieur d'une lumière extrême, avant que le piston n'ait atteint l'extrémité correspondante du cylindre.

Avance à contre-vapeur, la petite quantité dont la lumière extrême est découverte, quand le piston est sur le point de rétrograder.

Avance linéaire totale, la somme des avances à l'introduction et à contre-vapeur.

Recouvrement intérieur. — La modification qui consiste à donner au tiroir du recouvrement extérieur, ne détruit pas la dépendance qui existe

entre l'avance à l'échappement et celle totale, dont nous avons dit plus haut quelques mots et qui provient de la coïncidence entre la longueur intérieure du tiroir et la distance des bords intérieurs des orifices extrêmes. Cette dépendance n'a aucun inconvénient, quand l'avance angulaire ne s'éloigne pas d'une manière sensible de la limite de 25 degrés, puisque c'est l'angle qui correspond à l'échappement le plus favorable. Mais lorsque, pour appliquer la détente dans une forte proportion, on donne une avance angulaire de 30 et même 40 degrés, cette dépendance produit des effets nuisibles, car alors l'échappement s'effectue sous le même angle, et la vapeur quitte le cylindre beaucoup avant la fin de la course du piston, ce qui porte à l'effet utile de la machine un préjudice bien autrement grave que si l'échappement n'avait lieu, comme dans une distribution normale, qu'à l'instant où le piston revient sur lui-même.

Cet inconvénient est toutefois facile à éviter. On voit, en effet, que si le tiroir, dans la position indiquée Fig. 6, Pl. à la fin du texte, sur le point d'établir, par la lumière F'', la communication de l'intérieur du cylindre avec l'atmosphère, portait un recouvrement intérieur *ab*, l'échappement serait retardé pendant toute la fraction de la course du tiroir, représentée par la longueur de ce recouvrement qui devra être d'autant plus grand

que le dégagement devra se faire plus tardivement.

On détermine généralement la longueur du recouvrement intérieur, de manière à ce que l'évacuation de la vapeur s'effectue 25 degrés avant la fin de la course du piston. Pour arriver à ce résultat, on fait ce recouvrement égal au sinus de l'angle qui, inscrit dans un cercle tracé sur la course du tiroir comme diamètre, est la différence entre l'angle de l'avance totale et celui sous lequel l'échappement doit avoir lieu.

Si donc l'avance angulaire est de 40 degrés, la course du tiroir de 0^m100, la valeur du recouvrement intérieur, pour un échappement sous un angle de 25 degrés, sera :

$\frac{0^m100}{2} \times \sin.(40^\circ - 25^\circ) = 0.05 \times \sin. 15^\circ$ ou en opérant :

$\log. 0{,}05 + \log. \sin. 15^\circ = 13$ millimètres.

Quelquefois, quand on ne veut appliquer la détente que dans une faible proportion, l'angle de l'avance totale à une valeur moindre que 25 degrés. Pour conserver alors à l'échappement, une avance de 25 degrés, on est conduit, d'après ce qui précède et par un raisonnement inverse, à donner au tiroir un recouvrement intérieur négatif, c'est-à-dire *du*

dégagement, dont la longueur se détermine par une formule analogue à celle posée ci-dessus.

Ce découvrement ne doit être employé que dans une limite extrêmement restreinte, car, comme on le voit par la Fig. 8, Pl. à la fin du texte, si l'avance à l'échappement est disproportionnée relativement à l'avance à l'introduction, la vapeur peut, en s'échappant du cylindre par la lumière F′, rentrer du côté opposé par l'orifice F″, quelques instants avant que le piston ne commence à rétrograder.

On peut représenter la marche relative du tiroir et du piston par une courbe, dont les coordonnées seraient les courses du tiroir et du piston. Pour la construire, il faut connaître : les dimensions extérieures et intérieures du tiroir; les largeurs des lumières et les distances qui les séparent; la course de l'excentrique et celle du tiroir; l'avance à contre-vapeur; la course du piston.

Nous avons donné ce tracé dans la même Pl. Fig. 1, en l'appliquant à la distribution de *la Rapide*, avec les données suivantes :

Longueur extérieure du tiroir. . .	0,254
Longueur intérieure du tiroir. . .	0,123
Distance des bords extérieurs des lumières extrêmes.	0,208
Écartement des bords intérieurs des mêmes orifices.	0,123
Largeur de la lumière centrale. . .	0,066

Avance à contre-vapeur.	0,005
Course de l'excentrique.	0,096
Course du tiroir.	0,115
Course du piston.	0,464
Diamètre des cylindres.	0,330
Longueur d'axe en axe de la bielle. .	1,429

La construction de la courbe est extrêmement simple.

L'excentrique et la manivelle tournant d'une seule pièce avec l'essieu moteur, leurs rayons parcourant, par conséquent, des angles égaux dans le même temps, on décrit du centre *b* deux cercles concentriques, l'un avec la longueur de la manivelle pour rayon, l'autre avec la demi-course du tiroir. On partage ensuite la première de ces deux circonférences en un certain nombre de parties égales qu'on numérote, en prenant pour point zéro la division qui correspond à la position horizontale de la manivelle; par chacun des points de division, on abaisse des perpendiculaires sur le diamètre 0,12, qui représente la course entière du piston, à l'effet d'obtenir les longueurs *o*F, *o*G, *o*H, qui indiquent, abstraction faite des obliquités de la bielle, les positions successives du piston correspondantes à celles de la manivelle et qui doivent servir comme abscisses de la courbe.

On divise ensuite le cercle décrit sur la course du tiroir comme diamètre, en un même nombre

de parties, qu'on numérote aussi, en partant toutefois, de la position de l'excentrique correspondant à l'avance angulaire qu'on détermine préalablement, en portant à gauche du centre *b* une longueur *b*A, égale au recouvrement augmenté de l'avance à contre-vapeur et en élevant la perpendiculaire A*o*. En abaissant alors des points de division des verticales sur le diamètre 4,16 on a en *b*A, *bc*, *bf* et *bg*, les portions de course parcourues par le tiroir, correspondant à celles *o*F, *o*G, *o*H, du piston, également abstraction faite des obliquités de la barre d'excentrique.

Ces premiers préliminaires terminés, on s'occupe du tracé de la courbe, en prenant pour axe des x la ligne MM'N qui passe par le point M, milieu de la course du tiroir; pour abscisses, les chemins parcourus par le piston, et pour ordonnées, ceux correspondant du tiroir. En d'autres termes, on porte sur la verticale 0,24, à partir du point M, une longueur MA' = *b*A, représentant la quantité dont le tiroir a marché depuis le milieu de sa course, quand le piston est au commencement de la sienne; on marque ensuite sur la ligne 1,23, toujours à partir de la ligne MM'N, la longueur *nn'* = *bc*, qui mesure pour une seconde division du cercle 3,15 la portion de course faite par le tiroir à partir de sa position moyenne. La longueur *n' n''* indique l'ouverture de la lumière F'', quand le piston est en 1, et la quantité *n' n'''* exprime l'ou-

verture qui s'est faite pendant que le piston a marché de *o* en 1 ou pendant que la manivelle a parcouru l'arc *o*, 1.

En continuant de porter sur les lignes (22,2) (21,3), (20,4), (19,5), etc., à partir des points *l*, *p*, *q*, *r*, les longueurs $ll' = bf$; $pp' = bg$; $qq' = bh$; $rr' = bh$; et en unissant tous les points tels que A', *n'*, *p'*, *q'*, *r'*, *s'*, on forme une courbe continue et fermée qui représente les relations existant entre la marche du tiroir et celle du piston. Pour opérer d'une manière parfaitement exacte, il aurait fallu tenir compte des obliquités de la bielle. Nous n'en avons rien fait, parce que la construction, telle que nous l'avons indiquée, suffit presque toujours dans la pratique.

On peut, à l'aide de la courbe, vérifier les principales phases de la distribution sur lesquelles nous avons insisté plus haut.

En effet, le point d'intersection B de la courbe, avec la projection du bord extérieur de la lumière F'', montre que l'entrée de la vapeur dans le cylindre est interrompue, quand le tiroir touche ce même bord par sa bande extérieure, ce que nous avions reconnu précédemment.

Le point d'intersection E de la courbe, avec la ligne qui passe par le point milieu de la course du tiroir, vérifie ensuite cet autre fait, que le dégagement de la vapeur, quand il n'y a pas de re-

couvrement intérieur, commence quand le piston revient à sa position moyenne.

La courbe fait enfin voir, par son intersection en Q avec la ligne MN, qu'au moment où le tiroir revient au milieu de sa course l'évacuation de la vapeur est interrompue; or, comme cet instant précède la fin de la course du piston, il en résulte qu'il y a compression de la vapeur restant dans le cylindre, par conséquent perte de travail. C'est là un inconvénient de la détente obtenue par recouvrement.

La durée de la compression de la vapeur est d'autant plus grande qu'on donne au tiroir des recouvrements intérieur et extérieur plus longs. En d'autres termes, l'angle de compression est égal à la somme des angles correspondants aux deux espèces de recouvrement.

Il est facile de reconnaître avec la courbe *fictive* tracée Pl. à la fin du texte Fig. 1, quelle est pour chaque position du tiroir celle correspondante du piston ou de la manivelle, et de se rendre compte à quel moment de la course du piston l'admission de la vapeur se trouve interceptée, pendant quelle fraction de sa course la détente a lieu, enfin où se trouve le piston quand l'échappement commence et quand il finit.

Proposons-nous, en effet, de déterminer en quel

point de la course du piston a lieu le dégagement de la vapeur. Pour avoir la solution du problème, il suffit d'abaisser par le point d'intersertion E, une perpendiculaire sur la course 0,12 du piston et de mesurer la longueur E'12 que le piston a encore à parcourir pour arriver à fin de course. Si l'on demandait la position de la manivelle à l'instant de l'échappement, il faudrait prolonger la verticale EE' jusqu'en E'', où elle rencontre la circonférence de la manivelle, et joindre par une ligne le centre *b* avec le point E''. E''*b*E' est l'angle dont la manivelle se trouve éloignée de l'horizontale au premier instant du dégagement. Pour le cas qui nous occupe, sa valeur est de 28 degrés.

On peut arriver aussi par le calcul à la connaissance de l'angle de dégagement. Nous avons vu, en effet, plus haut que, quand il n'y avait pas de recouvrement intérieur, l'avance à l'échappement était égal à l'avance à l'introduction. Or, comme c'est précisément ce qui a lieu pour *la Rapide*, on en conclut immédiatement que l'angle de dégagement est précisément égal à l'avance angulaire de l'excentrique. S'il y avait recouvrement intérieur, il faudrait de l'avance angulaire de l'excentrique, retrancher l'angle correspondant au recouvrement intérieur. La différence des deux angles donne l'angle de la manivelle sous lequel se fait l'échappement.

Digitized by Google

La détermination, sur l'épure, du point de la course du piston, à partir duquel commence la détente de la vapeur, se fait d'une manière analogue à celle que nous avons indiquée ci-dessus. On projette le point B de la courbe, sur la course du piston, et on mesure à quelle distance se trouve de l'une ou l'autre extrémité du diamètre 0,12, le pied B′ de la perpendiculaire BB′. On évalue ensuite cette distance en fraction de la course du piston.

Pour trouver actuellement, abstraction faite des obliquités de la bielle, la position correspondante de la manivelle, on joint le centre *b* avec le point d'intersection B″ du cercle de la manivelle et de la ligne BB′ prolongée.

On commettrait une erreur, si l'on pensait que la détente a lieu pendant tout le temps que la manivelle met à parcourir l'angle B″*b* 12, car on ne tiendrait pas compte de la marche à contre-vapeur du piston, pendant les derniers degrés du parcours de la manivelle. Pour avoir l'angle pendant lequel la vapeur agit par expansion avant et pendant l'échappement, il faut retrancher de l'angle B″*b* 12 celui qui correspond à l'avance à contre-vapeur, et pour cela, porter dans le cercle 4,16, un sinus égal à cinq millimètres et prolonger jusqu'en F le côté de l'angle qui le mesure. L'angle B″*b*F ainsi formé correspond à celui que la manivelle décrit pen-

dant la détente de la vapeur. Cet angle, sur le tracé, est de 48 degrés; si maintenant on cherche quel est celui qui correspond au recouvrement extérieur, ou à bA'', on trouve qu'il a pour valeur 24 degrés ou la moitié de celui que la manivelle parcourt pendant l'expansion de la vapeur. L'angle pendant lequel la vapeur se détend, est donc précisément le double de celui qui correspond au recouvrement. Ce résultat pouvait, d'ailleurs, être prévu, car, si l'on ne se reporte au tiroir, Fig. 5 de la même planche, on voit qu'à partir du moment où il intercepte l'entrée de la vapeur par la lumière F'', jusqu'à celui où il permet l'admission par l'orifice F', il parcourt une fraction de course égale au double du recouvrement.

La connaissance de la relation existant entre l'angle de détente et l'angle correspondant au recouvrement est fort importante, car elle permet de reconnaître immédiatement, sans le secours d'aucune épure, quelle est, pour une distribution donnée, la position de la manivelle à l'instant de la détente, dans quelle proportion celle-ci est employée, et inversement, quel doit être le recouvrement extérieur du tiroir, pour une détente voulue.

Le tracé nous démontre, en effet, qu'à l'instant où la détente commence, la manivelle a encore à parcourir un angle égal à l'angle de détente, augmenté de celui correspondant à l'avance à

contre-vapeur. Or, comme l'angle de détente est double de celui provenant du recouvrement extérieur, que l'avance angulaire n'est autre que la somme des angles correspondant au recouvrement extérieur et à l'avance à contre-vapeur, l'énoncé précédent revient à dire, qu'à l'instant où l'expansion de la vapeur commence à s'effectuer, la manivelle a encore à parcourir un angle égal à l'avance angulaire, augmenté de l'angle correspondant au recouvrement extérieur. Par conséquent, quand on connaît ces deux quantités, il suffit de les ajouter, pour savoir de combien la détente précède la fin de la course de la manivelle et par suite la fin de celle du piston.

Ainsi, pour *la Rapide*, l'avance angulaire de l'excentrique étant de 28 degrés, l'angle correspondant au recouvrement extérieur étant de 24 degrés, en faisant la somme de ces deux angles, on a celui que la manivelle fait avec l'horizontale à l'instant de l'interruption de la vapeur dans le cylindre.

Quant au problème inverse, relatif à la détermination du recouvrement extérieur à donner au tiroir, pour que la détente de la vapeur commence en un point fixé à l'avance de la course du piston, sa solution découle naturellement des remarques précédentes.

Il suffit, en effet, de chercher quelle est pour ce

point, la position de la manivelle, et de calculer quel est, dans une circonférence dont la course du tiroir serait le diamètre, le sinus de la moitié de l'angle qui est la différence entre celui que la manivelle a encore à parcourir pour atteindre l'horizontale et celui correspondant à l'avance à contre-vapeur (1).

La traduction graphique de cet énoncé est extrêmement simple. Proposons-nous, en effet, de chercher quel doit être le recouvrement extérieur à donner au tiroir, pour que la détente de la vapeur commence après les deux premiers tiers de la course du piston.

Soit :

La course du tiroir..	$0^m,100$
La course du piston.	0, 464
L'avance à contre-vapeur..	0, 004
La longueur de la bielle, d'axe en axe.	1, 000

Du centre *o* (Pl. du texte, Fig. 2), on décrit deux circonférences concentriques, dont les rayons sont, pour l'une la demi-course du tiroir, et pour l'autre la longueur de la manivelle. La première représente le cercle parcouru par le grand rayon de

(1) Cela tient, comme nous l'avons déjà fait observer, à ce que le grand rayon de l'excentrique parcourt, depuis l'instant où le tiroir a fermé une des lumières extrêmes jusqu'à celui où l'admission de la vapeur se rétablit par l'orifice opposé, un angle égal ou double de celui correspondant au recouvrement extérieur augmenté de l'angle dû à l'avance à contre-vapeur et que le tiroir se déplace par suite horizontalement d'une longueur égale à deux fois le recouvrement extérieur augmenté de l'avance à contre-vapeur.

l'excentrique, la seconde celui décrit par le manneton de la manivelle. La détente devant commencer après les deux premiers tiers de la course du piston, et *bd* représentant la longueur de cette course, D″ sera le point où l'entrée de la vapeur devra être interceptée. La position correspondante de la manivelle s'obtient en décrivant du point D″ avec la longueur de la bielle pour rayon, un arc de cercle qui vient couper en *f* la circonférence DCD′, et en joignant par une ligne ce point avec le centre *o*, l'angle que la manivelle a encore à parcourir pour atteindre l'horizontale, sera mesuré par l'arc *f*D ; et, comme le recouvrement à donner au tiroir correspond au sinus de la moitié de cet angle, diminué de celui résultant de l'avance à contre-vapeur, on porte dans la circonférence HH′ une longueur H*g* égale à 4 millimètres (avance à contre-vapeur), on trace l'angle *go*H, en prolongeant le côté *og* jusqu'en *h*, et on divise en deux parties, par la ligne *oki*, l'angle de détente *foh*, ainsi formé. En abaissant alors par le point *k* une perpendiculaire sur le diamètre HH′, *km* mesurera le sinus de la moitié de l'angle *foh*, et représentera, par conséquent, le recouvrement extérieur, à donner au tiroir pour détendre la vapeur après les deux premiers tiers de la course du piston.

Il est une observation importante à faire. Les positions de la manivelle, en raison des obli-

quités que prend la bielle, n'étant pas symétriques pour deux courses opposées du piston, il en résulte que la longueur du recouvrement extérieur, obtenue par la construction précédente, est différente selon qu'on suppose que le piston marche dans un sens ou dans l'autre. Par conséquent, pour que la détente ait toujours lieu au même point de la course du piston, quelle que soit la direction de son mouvement, il faut faire le tracé pour les deux cas. Or, comme l'avance angulaire dépend du recouvrement extérieur, et qu'on ne peut caler un même excentrique dans deux positions différentes, au lieu d'assigner aux bandes du tiroir des grandeurs inégales, on donne habituellement au tiroir, pour longueur de recouvrement extérieur, la moyenne de celles indiquées par la construction.

Nous avons vu plus haut, comment on pouvait obtenir par le calcul la longueur du recouvrement intérieur. On peut aussi la déterminer par un tracé géométrique.

Supposons, en effet, qu'aux données précédentes, on ajoute la condition d'un échappement à 25 degrés et qu'on demande la longueur du recouvrement intérieur à donner au tiroir.

Ce recouvrement, d'après ce que nous avons vu plus haut, est égal au sinus de l'angle qui, inscrit dans un cercle tracé sur la course du tiroir

comme diamètre, est la différence entre l'angle d'avance totale et celui sous lequel l'échappement doit commencer. Par conséquent, si sur l'épure représentée Fig. 2, Pl. du texte, on trace un angle *eo*D = 25°; comme l'angle *io*D mesure l'avance totale, l'angle *ioe* sera celui dont le sinus formera le recouvrement intérieur. Or, *kr* est égal au sinus de cet angle, ce sera donc la longueur du recouvrement intérieur.

FIRENZE

En résumé, on voit que, par des modifications extrêmement simples apportées aux dimensions du tiroir normal et au calage de l'excentrique, on peut aujourd'hui intercepter l'entrée de la vapeur dans le cylindre, en un point déterminé de la course du piston, sans produire de marche à contre-vapeur; faire évacuer la vapeur en un point également déterminé de la course du piston et différent du premier; n'avoir enfin, pour une détente et un échappement donnés, qu'une avance à contre-vapeur voulue.

L'utilité d'une grande avance par recouvrement est reconnue maintenant par tous les constructeurs. Les effets sont tous favorables au travail de la machine. Voici comment s'expriment MM. Petiet et Flachat à ce sujet :

« En cherchant si l'avance diminue l'effort de « traction des locomotives, comme l'a observé

« M. de Pambour dans ses expériences sur les « plans inclinés du chemin de fer de Liverpool, « on trouve que le fait n'existe que dans l'état « d'équilibre, c'est-à-dire, la machine arrêtée; « mais quand elle est en marche à sa vitesse nor- « male, c'est-à-dire pouvant dépenser toute la « vapeur qu'elle produit, son effet de traction sera « toujours plus considérable avec de l'avance que « sans avance, parce que l'économie de résistance « de l'échappement compense toujours, et bien « au delà, la faible diminution de puissance due à « la détente.

« Ainsi donc : *augmentation de puissance* de « traction, *diminution* de consommation de va- « peur, tels sont les avantages dus à l'avance, « avantages qui sont au moins de 25 p. 100 pour « une avance convenable.

« Au point de vue de l'accélération de la marche « des machines, l'avance du tiroir est essentielle- « ment utile, puisqu'elle permet de tirer un plus « grand parti de la même quantité de vapeur. »

M. de Pambour a expliqué ce dernier effet de l'avance avec une grande clarté. Voici comment il s'exprime sur ce point :

« Nous avons déjà mentionné les avantages que « procure l'avance du tiroir sous le rapport du « jeu et de la conservation de la machine; mais il « est un autre avantage non moins important qui

« résulte de cette disposition, c'est celui d'obtenir « une vitesse et, par conséquent, un effet utile « plus considérable de la machine avec une charge « donnée.

« Cet effet est facile à comprendre, car si la « suppression de la vapeur de la chaudière, au « lieu de se faire juste à la fin de la course du « piston, a lieu, par exemple, dans l'instant où ce « piston est encore à un pouce du fond, dès ce « moment il cesse d'arriver de la vapeur dans le « cylindre. Ainsi, sous le rapport de la quantité « de vapeur admise dans le cylindre, ou dépensée « à chaque coup de piston, la course du piston « est réellement diminuée d'un pouce. Or, c'est la « quantité de vapeur produite par la chaudière « qui règle et limite la vitesse de la machine. Cette « production fournissait, je suppose, m cylindres « pleins de vapeur par minute, lorsque la longueur « totale l de la course se remplissait de vapeur. « Maintenant il ne s'en remplit plus que la lon- « gueur $l-x$; donc la même vapeur remplira, par « minute, un nombre de cylindres exprimé par « $m \times \frac{l}{l-x}$; donc enfin, la vitesse de la machine « sera accrue dans le rapport inverse des lon- « gueurs du cylindre qui se remplissent de va- « peur. »

Plus loin, M. de Pambour ajoute :

« D'après ce qu'on vient de voir, l'avance du

« tiroir augmente la vitesse de la machine avec « une charge donnée et, par conséquent, son effet « utile avec cette charge. A mesure qu'on accroî- « tra l'avance du tiroir, l'effet utile augmentera « donc en même temps, et cette augmentation « continuera jusqu'à ce qu'en raison de l'avance, « la course effective du piston se trouve tellement « réduite, que la charge donnée devienne un maxi- « mum de charge pour la machine avec cette « course. A compter de ce point, on ne pourra « plus augmenter l'avance du tiroir, ou, par con- « séquent, l'effet utile de la machine avec la charge « fixée, puisque tout accroissement de l'avance, ou « si l'on veut toute diminution de la course effec- « tive du piston, rendrait la machine incapable de « tirer la charge voulue. »

Après avoir reconnu les avantages d'une grande avance avec recouvrement, il serait important de déterminer quelle est celle dont les effets sont les plus avantageux. Jusqu'ici on manque sur ce point de données suffisantes. Les constructeurs n'ont point encore de règle précise. On peut s'en convaincre par le tableau suivant où l'on remarque que, pour des machines de même force, la distribution est réglée d'une manière tout à fait différente.

Digitized by Google

TABI

Distribution de la vapeu

Noms des constructeurs	Sharp et Roberts.		Hawthorn.		Pauwels.	
Noms des machines	Rapide.	Davy.	Seine.	Fulton.	Pauwels	Ville de Turcoing.
	m.	m.	m.	m.	m.	m.
Longueur extérieure du tiroir = (*a*) (mètres)	0.254	0.235	0.188	0.188	0.202	0.245
Distance des bords extérieurs des lumières = (*c*)	0 208	0.213	0.1883	0.181	0.190	0.210
Longueur intérieure du tiroir = (*b*)	0 123	0.125	0.1205	0.108	0.119	0.140
Distance des bords intérieurs des lumières = (*d*)	0.123	0.125	0.123	0.115	0.120	0.140
Largeur des lumières extrêmes = $\left(\frac{c-d}{2}\right)$	0.044	0.044	0.0315	0.033	0.035	0.035
Largeur de la lumière centrale d'échappement	0.066	0.057	0.043	0.039	0.042	0.070
Longueur des lumières	0.192	0.192	0.167	0.178	0.190	0.190
Recouvrement extérieur du tiroir = $\left(\frac{a-c}{2}\right)$	0.023	0.011	0.0012	0.0035	0.006	0.0175
Recouvrement intérieur du tiroir = $\left(\frac{d-b}{2}\right)$	0.000	0.000	0.0012	0.0035	0.0005	0.000
Avance à contre-vapeur = A	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004	0.004
Avance totale du tiroir linéairement = $\left(\frac{a-c}{2}\right)$ + A	0.027	0.016	0.0052	0.0085	0.010	0.0215
(1) Avance à l'échappem. = $\left(\left(\frac{a-c}{2}\right)-\left(\frac{d-b}{2}\right)\right)$	0.027	0.016	0.004	0.005	0.0095	0.0215
Course de l'excentrique	0.096	0.096	0.228	0.078	0.085	0.100
Course du tiroir	0.115	0.131	0.070	0.080	0.080	0.100
Course du piston	0.464	0.464	0.457	0.457	0.450	0.457
Avance angulaire de l'excentrique (degr. anc.)	28°	15°	8° 32'	12° 16'	14° 28'	25° 28'
Angle correspondant au recouvrement extérieur	24°	11° 22'	1° 58'	5° 57'	8° 37'	20° 30'
Angle correspondant à l'avance à contre-vapeur	4°	4° 38'	6° 34'	8° 19'	5° 51'	4° 58'
Angle correspondant au recouvrement intérieur	0°	0°	1° 58'	5°	0° 43'	0°
Angle dont la fermeture de la lumière précède la fin de la course du piston	52°	26° 22'	10° 30'	16° 13'	23° 5'	45° 58'
Angle sous lequel se fait l'échappement	28°	15°	6° 34'	7° 16'	13° 45'	25° 28'
Parcours angulaire pendant la compression	24°	11° 22'	3° 56'	8° 57'	9° 20'	20° 30'
Diamètre du piston (mèt.)	0.330	0.330	0.305	0.350	0.330	0.330
Fraction de la course du piston pendant laquelle l'entrée de la vapeur est interceptée	0.089	0.024	0.004	0.009	0.018	0.070
Fraction de la course du piston pendant laquelle la vapeur agit à pleine pression	0.575	0.440	0.455	0.448	0.432	0.387
Fraction de la course du piston pendant laquelle la vapeur agit par expansion	0.062	0.016	0.0025	0.007	0.011	0.047
Fraction de la course du piston pendant laquelle la vapeur est refoulée	0.001	0.001	0.002	0.003	0.001	0.001
Fraction de la course du piston pendant laquelle la vapeur est comprimée	0.027	0.007	0.002	0.007	0.007	0.021

(1) Quand *b* est plus grand que *d*, l'avance à l'échappement a pour valeur $\frac{a-c}{2}+\frac{b-d}{2}$

J X.

s différentes locomotives.

Jackson	Dixon.	Schneider.	Cavé.	Stephenson.				Tayleur	Hayd Foundry.	Schneider.	Budicom.
Jackson	Dixon.	Creusot.	Gauloise	Watt.	Lavoisier.	Monge.	Victorieuse	Tayleur	Etna.	Gironde.	Rouen.
m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
0.476	0.470	0.190	0.300	0.475	0.227	0.203	0.204	0.218	0.208	0.286	0.490
0.156	0.464	0.470	0.232	0.154	0.477	0.467	0.4675	0.460	0.466	0.224	0.245
0.088	0.400	0.420	0.445	0.0765	0.107	0.440	0.098	0.082	0.088	0.444	0.081
0.090	0.405	0.410	0.144	0.094	0.444	0.416	0.1045	0.408	0.416	0.151	0.083
0.033	0.023	0.030	0.054	0.0345	0.0345	0.0253	0.034	0.026	0.025	0.030	0.034
0.060	0.039	0.050	0.070	0.063	0.064	0.076	0.0545	0.078	0.070	0.115	0.054
0.230	0.194	0.200	0.190	0.240	0.252	0.2275	0.235	0.290	0.260	0.267	0.254
0.010	0.0045	0.010	0.024	0.0105	0.025	0.018	0.0182	0.029	0.021	0.0325	0.0275
0.001	0.0025	-0.005	-0.0005	0.00725	0.0055	0.003	0.00175	0.015	0.014	0.0235	0.004
0.005	0.005	0.005	0.004	0.005	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.008
0.015	0.0095	0.015	0.028	0.0155	0.029	0.022	0.0232	0.034	0.026	0.0575	0.0355
0.014	0.007	0.020	0.0285	0.00825	0.0255	0.019	0.0215	0.024	0.042	0.014	0.0345
0.100	0.070	0.075	0.100	0.092	0.1046	0.096	0.090	0.070	0.085	0.100	0.104
0.102	0.070	0.074	0.108	0.092	0.1016	0.096	0.087	0.102	0.100	0.120	0.104
0.454	0.460	0.464	0.490	0.456	0.508	0.457	0.460	0.406	0.406	0.460	0.533
47° 6'	45° 45'	25°	31° 14'	20° 10'	33° 30'	27° 12'	32° 15'	44° 50'	31° 20'	38° 45'	35° 30'
11° 18'	7° 24'	16° 22'	26° 24'	15° 12'	29° 30'	22° 2'	24° 44'	34° 40'	24° 50'	32° 48'	25° 00'
5° 49'	8° 24'	8° 38'	4° 50'	6° 58'	6° 00'	7° 15'	7° 31'	7° 10'	6° 30'	5° 57'	8°
4° 7'	4° 6'	-8° 38'	-0° 52'	9° 4'	5° 57'	9° 2'	2° 18'	14° 46'	16° 18'	23° 00'	1° 22'
28° 24'	23° 9'	41° 22'	57° 38'	33° 22'	66° 00'	49° 49'	56° 59'	76° 30'	56° 10'	74° 33'	58° 30'
14° 59'	11° 30'	33° 38'	31° 46'	14° 6'	34° 33'	18° 15'	29° 57'	27° 41'	15° 2'	15° 45'	32° 8'
12° 25'	19° 51'	8° 24'	25° 32'	22° 16'	33° 27'	34° 04'	27° 2'	49° 26'	41° 08'	53° 18'	26° 22'
0.330	0.330	0.350	0.330	0.330	0.355	0.330	0.380	0.330	0.330	0.380	0.3475
0.027	0.019	0.038	0.114	0.038	0.131	0.080	0.105	0.156	0.090	0.157	0.127
0.427	0.444	0.406	0.376	0.418	0.357	0.377	0.355	0.250	0.358	0.303	0.406
0.019	0.014	0.035	0.077	0.033	0.115	0.068	0.094	0.134	0.113	0.148	0.086
0.001	0.0025	0.0025	0.0005	0.0015	0.0015	0.002	0.002	0.002	0.001	0.0015	0.003
0.008	0.010	0.006	0.034	0.028	0.036	0.042	0.038	0.094	0.065	0.120	0 045

En examinant le tableau précédent, on voit que la détente est employée sur une échelle d'autant plus grande que les machines sont plus récentes.

Ainsi Stephenson qui, dans les premières machines qu'il a livrées au chemin de fer de Paris à Orléans, ne donnait qu'une avance de 20°, a porté celle-ci à 35°50′ dans ses locomotives à transmission directe : dans les premières l'entrée de la vapeur dans les cylindres était interceptée 33° avant la fin de la course du piston ; dans la machine *Lavoisier* elle l'est 66° avant la fin de la course.

Il y a une différence non moins sensible entre les machines de Sharp et Roberts construites en 1839, livrées à la compagnie du chemin de fer d'Orléans, et celles expédiées en 1841, au chemin de fer de Versailles (rive gauche). L'angle de calage dans les premières était de 15°, il est de 28° dans les dernières. La détente commençait dans celles-là sous un angle de 26°, elle s'effectue dans celles-ci sous un angle de 52°.

Nous sommes conduits à faire la même observation sur les locomotives de Pauwels. Dans sa première machine, l'avance angulaire était de 14°28′; dans celles qu'il a construites pour le chemin de fer de Lille à la frontière belge, elle est de 25°28′. Dans la Pauwels, l'introduction de la vapeur ne cessait que 23° avant la fin de la course du piston, dans la *Ville-de-Turcoing*, la manivelle du piston parcourt les derniers 46 degrés de sa

révolution, sans nouvelle admission de vapeur.

En résumé, on voit que l'avance angulaire dans les machines actuelles est comprise entre 25 et 35 degrés et qu'en moyenne les 4/5 de cette avance proviennent du recouvrement extérieur. L'avance à contre-vapeur n'y figure généralement que pour 1/5, sa valeur varie entre 4 et 6 degrés; quelquefois, comme dans les machines de Rouen, elle atteint 8 degrés. C'est là une limite supérieure pour les locomotives récentes.—

L'avance angulaire que nous avons indiquée dans le tableau X, est relative aux excentriques de la marche en avant. Ceux de la marche en arrière ne sont généralement calés que sous l'angle qui correspond au recouvrement extérieur; on n'a pas pour habitude de donner au tiroir de l'avance à contre-vapeur pour la marche rétrograde.

En continuant l'examen du tableau précédent, en ce qui concerne l'avance à l'échappement, on peut s'assurer qu'elle est généralement comprise entre 25 et 33 degrés; il y a quelques années elle dépassait rarement 14 degrés. C'est là une modification importante dont les résultats sont très-sensibles sur l'effet utile de la machine.

Les dimensions des lumières relatées dans le tableau X donnent aussi lieu à quelques observations.

MM. Clapeyron et Stephenson, dans le double but de permettre à la vapeur d'établir facilement sa pression dans les cylindres, dès le commencement de la course des pistons, et de s'en échapper ensuite rapidement, ont donné aux orifices extrêmes une faible largeur et une grande longueur, de telle sorte qu'il suffit que le tiroir se déplace d'une faible quantité, pour présenter une grande section, soit à la vapeur qui afflue dans le cylindre, soit à celle qui s'en échappe. C'est ainsi que, dans la machine *Monge*, les cotes des lumières sont 0^m0255 pour la largeur et 0^m2275 pour la longueur, tandis que celles de la *Rapide* sont : 0^m044 et 0^m192.

Les sections des lumières d'éduction ont été aussi sensiblement modifiées. Ainsi, dans *Monge*, l'orifice central a 0,076 de largeur et 0,2275 de longueur; dans la machine *Davy* de Sharp et Roberts du chemin d'Orléans, il n'a que 0,057 sur 0,192. Mayer, de Mulhouse, a poussé encore plus loin l'augmentation de section de la lumière d'éduction : il lui donne 0,086 pour largeur et 0,230 pour longueur. Ces dispositions sont à imiter, parce qu'elles ont pour résultat immédiat de diminuer des résistances sur le piston. — Au chemin de fer de Bâle à Strasbourg, M. Polonceau a donné aux lumières d'éduction de toutes ses machines de très-grandes sections, et les effets qu'il a

obtenus de cet accroissement de dimensions sont très-satisfaisants.

Il nous reste une dernière observation à faire : elle concerne les différences qu'on remarque dans le tableau X dans les longueurs des courses de tiroir. En principe, les longues courses sont favorables à l'échappement et à l'admission de la vapeur, parce qu'elles font découvrir rapidement les orifices extrêmes qui présentent ainsi de suite leur plus grande section. Les longues courses ne peuvent, toutefois, s'obtenir qu'en donnant aux leviers d'enclanchement et de distribution des longueurs différentes; les excentriques ne sauraient les transmettre directement aux tiroirs, parce que leurs mouvements, en raison de la trop grande excentricité qu'il faudrait leur donner, deviendraient trop brusques. Les longueurs des courses des machines de Sharp et Roberts sont très-convenables. — En théorie, la longueur de la course du tiroir doit être égale à la somme des largeurs des orifices extrêmes, augmentée du double de la longueur du recouvrement extérieur. Les lumières extrêmes se découvrent alors complétement pour l'admission et pour l'échappement de la vapeur. — En pratique, on s'écarte souvent de cette règle et on donne aux tiroirs des courses inférieures à celles qu'indique le calcul. Cela tient à ce que les

orifices extrêmes ont quelquefois plus de largeur qu'il n'est nécessaire pour la facile introduction de la vapeur, dans le but d'accélérer son échappement.

Pour rendre comparables entre elles les distributions que nous avons relatées dans le tableau X, il faut chercher quel est, pour chacune des machines considérées, l'effet utile d'un litre de vapeur.

Nous allons faire avec détail les calculs relatifs à la *Rapide*, et nous résumerons dans un tableau les résultats de ceux concernant les autres locomotives.

Nous supposerons: 1° que la vapeur conserve dans le cylindre une pression constante pendant tout le temps de son admission; 2° qu'elle se dilate en conservant sa température et suivant la loi de Mariotte, à partir de l'instant où son entrée est interceptée jusqu'à celui où l'échappement commence; 3° que vers la fin de l'échappement et jusqu'au moment où il cesse complétement, la pression de la vapeur qui s'échappe soit d'une atmosphère et un quart; 4° enfin, que la vapeur à cette pression qui reste après l'échappement se comprime suivant la loi de Mariotte jusqu'à ce qu'elle ait atteint, s'il y a lieu, la pression génératrice et qu'à partir de cet instant la pression reste constante.

Le diamètre des cylindres de la *Rapide* est de. 33c0
La course des pistons. 46c4
Leur section (cent. quarrés). . . . . 854..

Depuis le commencement de la course jusqu'au point de la fermeture de la lumière extrême, la vapeur agit à pleine pression pendant. . 37c5

Depuis cet instant jusqu'à celui où l'ouverture de la lumière d'échappement commence à s'effectuer, la vapeur agit par expansion pendant. 6c2.

Depuis le commencement de l'échappement jusqu'à la fin de la course, la vapeur agit encore sur le piston avec des pressions qui décroissent rapipement suivant une loi inconnue. Cet effet a lieu sur. . . . . 2c7.

La vapeur est comprimée par le piston, l'échappement étant complétement intercepté, pendant une longueur de. . . . . 2c7.

(Il est important, pour les calculs que nous allons faire, de tenir compte du volume de vapeur qui reste devant le piston à fin de course; il est égal à celui du conduit de la vapeur allant de la boîte des lumières au cylindre, augmenté de l'espace qu'on laisse entre le couvercle du cylindre et le piston à fin de course : or chaque orifice extrême ayant

pour section $88^{c^2}48$, la longueur étant de 20 centimètres, le volume du conduit est de 1770 centimètres cubes; le volume de l'espace qui reste devant le piston est de 422^{c^3}, le volume total est donc 2192^{c^3}.)

Si n est le nombre d'atmosphères de la vapeur qui agit à pleine pression (que nous supposerons égal à 4), $n \times 1^k033$ sera la pression par centimètre carré, et le travail développé par un volume v de vapeur agissant à pleine pression (ce volume étant exprimé en centimètres cubes), sera

$$\left(\frac{1}{100}\, n \times 1^k\,033 \times v\right)^{KM} = (0{,}01033 \times n\,v) \text{ kilogrammètres}$$

Actuellement un volume v de vapeur qui agit par expansion, jusqu'à ce qu'il soit devenu V, développe, d'après les calculs de M. Coriolis, un travail $= 0{,}01033\, n\, v \log. \frac{V}{v}\ 2{,}3026$.

Or le volume de vapeur agissant à pleine pression est :

$$37^c{,}5 \times 854 = 32025 \text{ centimètres cubes,}$$

le travail produit sera donc :

$$(4 \times 0{,}01033 \times 32025)^{KM} = 1323{,}27 \text{ kilogrammètres.}$$

Le volume de vapeur avant l'expansion, y compris celui qui reste dans le conduit extrême, est :

$$32025 + 2192 = 34217 \text{ centimètres cubes.}$$

Le volume de vapeur après l'expansion sera :

$$34217 + 6,2 \times 854 = 39511^{c^3},8.$$

Le rapport des volumes de la vapeur après et avant l'expansion est donc :

$$\frac{39511,8}{34217} = 1,154$$

Or, log. $1,154 \times 2,3026 = 0,143235$.

Le travail produit pendant la détente est donc :

$$(0,01033 \times 0,143235 \times 34217 \times 4)^{km} = 202,18 \text{ km}.$$

Le travail total développé (sauf celui que la vapeur effectue pendant qu'elle s'échappe est donc :

$$1323^{km},27 + 202^{km},18 = 1525^{km},45.$$

Pour trouver le travail résistant, il faut chercher quel est, dans l'hypothèse d'une pression de 1 atmosphère et un quart derrière le piston, le travail absorbé par la compression, quel est celui dû à l'échappement, enfin quel est l'effort développé pour le refoulement.

Pour avoir le travail dû à la compression, il faut déterminer quel est le travail produit par un vo-

lume V de vapeur à 1 atmosphère 25 de pression, qui se comprime, suivant la loi de Mariotte, jusqu'à ce qu'il soit devenu v. Or ce travail a pour expression

$$\left(1{,}25 \times 0.01033\, V \log. \left(\frac{V}{v}\right) 2{,}3026\right)^{\text{KM}}$$

Le volume qu'occupe la vapeur comprimée est égal, comme nous l'avons indiqué plus haut, à 2192 centimètres cubes. Le volume avant la compression est

$$2192 + 2{,}7 \times 854 = 4497{,}^{c^3}8$$

Le rapport des volumes avant et après la compression, est donc

$$\frac{4497{,}8}{2192} = 2{,}051$$

Or log .2,051 × 2,3026 = 0,718332; par conséquent le travail absorbé par la compression sera :

$$(1.25 \times 0.01033 \times 4497{,}8 \times 0{,}718332)^{\text{KM}} = 40.^{\text{KM}}37.$$

Le travail résistant dû à l'échappement de la vapeur dans l'atmosphère par une tuyère, a pour expression :

$$(1.25 \times 0{,}01033 \times 43{,}7 \times 854)^{\text{KM}} = 480.^{\text{KM}}60.$$

Enfin l'effort développé pour le refoulement est égal à

$$(4 \times 0.01033 \times 0.001 \times 854)^{\text{KM}} = 3.^{\text{KM}}51.$$

Le travail total résistant est donc :

$$480^{\text{km}}.60 + 40^{\text{km}}.37 + 3,^{\text{km}}52 = 524^{\text{km}}.48.$$

L'effet utile (sauf le travail que la vapeur développe pendant qu'elle s'échappe) sera par conséquent

$$1525^{\text{km}}.45 - 524^{\text{km}}.48 = 1000^{\text{km}}.97.$$

Pour avoir l'effet utile par litre de vapeur, il faut chercher quel est le volume de vapeur dépensé par coup simple de piston (ramené à la pression de la chaudière) : ce volume est égal à celui de la vapeur admise, y compris celle qui occupe la capacité du conduit extrême, diminué du volume de vapeur qui reste après l'échappement ramené à la même pression. Pour *la Rapide*, ce volume est :

$$34217 - 4497,8 \times \frac{1.25}{4} = 32^{\text{lit}}.84$$

L'effet utile par litre de vapeur dépensé est donc

$$\frac{1000.^{\text{km}}97}{32.^{\text{lit}}84} = 30^{\text{km}}.48.$$

Le tableau suivant a été établi en faisant la même série de calculs, avec les mêmes hypothèses de pression, pour chacune des machines renfermées dans les colonnes du tableau X.

TABLEAU

Travail et effet utile de la vapeur

Noms des constructeurs	Sharp et Roberts.		Hawthorn.		Pauwels.	
Noms des machines	Rapide.	Davy.	Seine.	Fulton.	Pauwels	Ville de Turcoing.
Travail de la vapeur agissant à pleine pression (kilogrammètres).	1323.27	1552.64	1366.41	1558.62	1523.67	1364.96
Travail de la vapeur agissant par expansion (*id.*)	201.18	21.50	7.37	22.56	38.65	136.64
TOTAL du travail moteur (sauf celui que la vapeur développe encore en s'échappant) (*id.*)	1525.45	1574.14	1373.78	1581 18	1561.72	1521.60
Travail résistant dû au refoulement de la vapeur (*id*)	3.51	3.31	6.05	10.58	3.54	3.31
Travail résistant dû à la compression de la vapeur (*id.*)	40.37	10.06	1.15	8.67	9.43	31.98
Travail résistant dû à l'échappement (dans l'hypothèse d'une pression de 1 atm. 25 derrière le piston) (*id.*)	480.60	502.84	429.83	486.78	490.71	482.94
TOTAL du travail résistant	524.48	516.41	437.04	506.03	503.65	518.43
Effet utile (sauf le travail de la vapeur pendant l'échappement) (*id.*)	1000.97	1057.73	936.77	1075.15	1058.07	1003.17
Volume de vapeur à la pression de la chaudière dépensé par coup simple de piston (litres)	32.84	38.87	35.28	39.47	37.92	33.71
Effet utile par litre de vapeur dépensé (kilogrammètres)	30.48	27.20	26.55	27.24	27.90	29.75

XI.

avec les distributions du tableau X.

Jackson	Dixon.	Schneider.	Cavé.	Stephenson.				Tayleur	Hayd	Schneider.	Budicom.
Jackson	Dixon.	Creusot.	Gauloise	Watt.	Lavoisier.	Monge.	Victorieuse	Tayleur	Etna.	Gironde.	Rouen.
1560.38	1551.89	1451.97	1326.14	1174.29	1459.67	1329.69	1662.61	992.23	1420.88	1419.07	1326.33
65.73	51.44	110.18	247.85	115.97	588.33	185.47	594.49	429.09	371.54	526.91	246.88
1626.11	1603.33	1542.15	1573.99	1588.26	1848.00	1515.16	2057.10	1421.32	1792.42	1945.98	1573.21
3.51	9.18	8.82	1.75	5.20	6.14	7.05	9.35	7.94	3.00	6.92	9.80
18.50	14.27	10.00	52.99	42.17	90.34	74.58	77.44	212.30	124.94	278.22	69.50
498.48	497.36	506.24	506.24	474.00	579.15	458.51	593.16	391.03	424.76	530.71	498.72
510.49	520.81	525.06	560.98	521.37	675.53	540.14	679.95	611.27	552.70	815.85	575.23
1115.62	1082 52	1027.09	1013.01	1066.89	1172.47	975.02	1377.15	810.05	1239.72	1050.13	994.98
37.91	38.79	36.00	32.26	36.54	36.00	32.56	41.29	23.24	34.37	33.12	33.11
29.42	28.20	28.52	30.80	29.20	32.56	29.62	33.35	34.80	36.00	34.41	30.05

Système de transmission de mouvement aux tiroirs.—Les locomotives de Sharp et Roberts sont à quatre excentriques fixes. Deux d'entre eux, comme nous l'avons déjà dit, servent à imprimer à la machine la direction de l'avant, les deux autres à la conduire en arrière. A chacun des tiroirs et par conséquent à chacun des coudes de l'arbre moteur correspond un excentrique de l'une et de l'autre espèce. Les excentriques de marche différente font entre eux un angle de 180 degrés, diminué de la somme des avances angulaires, et les excentriques de même nature font entre eux un angle droit.

Si l'on ne donnait point d'avance aux tiroirs, les quatre excentriques auraient leurs grands rayons perpendiculaires entre eux et seraient disposés en croix de telle sorte que le grand rayon de l'excentrique de la marche en avant se trouverait dans le prolongement de celui de la marche en arrière. La raison en est facile à saisir; il suffit, pour s'en rendre bien compte, de considérer séparément les manivelles de l'arbre coudé et de leur supposer successivement un mouvement de la droite vers la gauche et de la gauche vers la droite.

Le système de transmission de mouvement à quatre excentriques fixes est le seul employé aujourd'hui dans la plupart des locomotives. Cette disposition permet d'avoir, pour les deux direc-

tions que la machine peut prendre, des avances indépendantes, et c'est là une condition extrêmement importante à remplir.

On avait primitivement essayé de n'employer que deux excentriques fixes; mais on a dû renoncer à cette combinaison, précisément à cause des difficultés qu'on rencontrait pour obvier aux inconvénients de la dépendance dans laquelle se trouvaient les deux avances. Nous n'en parlerons pas.

Nous ne dirons rien non plus du système à deux excentriques mobiles: on l'a complétement abandonné, en raison de la mobilité même des principaux organes du mécanisme, de la facilité avec laquelle ils se dérangeaient, et de la difficulté enfin qu'on avait de changer en marche la direction du mouvement. Cette disposition ne se rencontre plus que dans les anciennes locomotives à quatre roues.

Il existe un dernier système, celui à parallélogrammes de Hawthorn; nous le décrirons plus loin.

Mécanisme de Sharp et Roberts. — Le mécanisme de transmission de mouvement des machines de Sharp est assez simple.

Devant chacun des cylindres, à une distance

horizontale de 0^m420, se trouve un arbre de distribution *e e* (Fig. 1, Pl. 2; Fig. 1, Pl. 4; Fig. 1, Pl. 5; Fig. 1, Pl. 10; Fig. 4, Pl. 6) qui, d'une part, reçoit le mouvement de l'excentrique, et, de l'autre, le transmet au tiroir. Il est fixé dans deux supports en bronze, adaptés aux longereaux de la machine, et porte à chacune de ses extrémités un levier e^2, muni d'un tourillon e^3. En sens inverse sont deux petits leviers e', écartés d'axe en axe de 0^m135, auxquels viennent se fixer en charnières deux guides horizontaux e^4. Ceux-ci, à l'extrémité opposée, reçoivent dans le vide laissé entre eux, une douille en fer, dans laquelle passe une tige taraudée maintenue par un écrou et un contre-écrou, et liée avec le collier qui embrasse le tiroir.

Les tourillons des leviers e^2 sont embrassés par les fourchettes qui terminent les barres des colliers des excentriques. Celle de la marche en avant vient se poser sur le tourillon extérieur, celle de la marche en arrière saisit le tourillon intérieur; toutefois, les deux mannetons du même arbre ne sont jamais embrassés en même temps.

Si on suppose alors, comme il est indiqué (Fig. 1, Pl. 2, et Fig. 1, Pl. 10), que la fourchette de la marche en avant soit embrayée et que la machine soit en mouvement, la barre *d* prendra un mouvement rectiligne alternatif, l'arbre de distribution recevra un mouvement circulaire, et celui-ci se changera pour le tiroir en un mouvement de va et

vient, dirigé de l'avant vers l'arrière ou de l'arrière vers l'avant, selon que le levier e^2 recevra le second ou le premier de ces mouvements. La disposition en charnières des guides c^4, permet au tiroir de prendre un mouvement alternatif uniforme, pendant que les leviers e^1 décrivent des arcs de cercle.

Si l'on n'avait pas besoin d'imprimer à la machine tantôt le mouvement de l'avant et tantôt celui du recul, si l'on n'avait à lui donner constamment que la même direction, on voit que tout le mécanisme de transmission pourrait consister en deux excentriques, dont un pour chacun des tiroirs, de deux barres à fourchettes et de deux arbres de distribution.

La condition de pouvoir changer de direction d'une manière simple, facile et sûre, complique le mécanisme, parce qu'il faut qu'on puisse embrayer à volonté les fourchettes d'une des marches et désembrayer celles de la marche opposée, et même, dans le cas de repos, avoir les mannetons des arbres de distribution parfaitement dégagés.

Dans les machines de Sharp et Roberts, pour arriver à produire cette solidarité, il y a en arrière des arbres *e e*, deux arbres superposés *g* et *g*. L'arbre *g*, d'une longueur de 1^m247, maintenu dans deux supports en bronze, porte à son extrémité gauche deux leviers f'' et f'''; en son milieu un levier f^3, et à son extrémité droite un second levier f''', parallèle au premier. Aux deux leviers

f''' sont suspendues, à l'aide des tiges f^7, les fourchettes des excentriques de la marche en avant; le levier f'' est destiné à transmettre à l'arbre g, qu'on appelle arbre de changement de marche, le mouvement que le mécanicien imprime au levier f, dit levier de changement de marche : il est relié avec lui à l'aide de la barre f'. Le levier f^3, enfin, sert à communiquer le mouvement à l'arbre g', qui n'a qu'une longueur de 0^m275; il est placé parfaitement dans l'axe de l'arbre g, à 0^m104 au-dessous de lui; en son milieu est un petit balancier $f^4 f^5$; l'une des extrémités supporte, à l'aide de deux tiges, les fourchettes de la marche en arrière; l'autre extrémité est reliée, par l'intermédiaire d'une petite chappe, au levier f^3 de l'arbre de changement de marche g.

Pour se rendre compte de la manière dont se communique le mouvement, il faut supposer qu'on dérange de sa position le levier de changement de marche f. La direction qu'il occupe, soit dans la Fig. 1, Pl. 2, soit dans celle Fig. 1, Pl. 10, indique l'embrayage des fourchettes de la marche en avant. En le tirant en arrière, on devra donc, d'après ce qui a été dit, désembrayer ces fourchettes et embrayer au contraire celles de l'autre marche; c'est effectivement ce qui arrive : le mouvement de recul que nous avons supposé imprimé au levier f, se transmet, à l'aide de la barre f', au levier f'', qui décrit un arc de cercle et se meut à peu près pa-

rallèlement au levier f; l'arbre g, sur lequel est fixé le levier f'', participant à ce mouvement circulaire, les leviers f''', auxquels sont suspendues les fourchettes de la marche en avant, décrivent en même temps des arcs de cercle, passent d'une position inclinée à une position verticale, et entraînent avec eux les fourchettes de la marche en avant qui, par suite, cessent d'embrayer les mannetons des arbres de distribution.

Le désembrayage des fourchettes de la marche en avant est donc opéré; pour que le mouvement soit complet, il faut que celles de la marche en arrière se trouvent être embrayées au même moment. C'est là précisément ce qui a lieu à l'aide de l'arbre g'. En effet, les leviers f^3 et f^4 des arbres g et g' étant reliés ensemble, il en résulte que le mouvement circulaire imprimé à l'arbre de changement de marche, et dont une des conséquences est l'inclinaison du levier f^3, se transmet à l'arbre g' par le basculement du balancier $f^4 f^5$, dont l'une des extrémités s'abaisse parallèlement au levier f^3, et dont l'autre s'élève en entraînant les fourchettes de la marche en arrière qui vont saisir les tourillons des arbres de distribution.

En résumé, on voit qu'à l'aide d'un seul mouvement, et d'un mouvement extrêmement simple, puisqu'il ne consiste que dans la manœuvre du levier de changement de marche f, le mécanicien

placé sur sa plate-forme, peut à volonté imprimer à sa machine soit la direction de l'avant soit celle de l'arrière.

Le mécanisme de distribution est combiné de manière à ce que le levier *f* indique, par sa position même, le sens dans lequel se dirigera la machine, au moment de l'ouverture du régulateur. Quand il est incliné en avant, le mouvement a lieu dans cette direction; quand il est placé en arrière, la machine prend une marche rétrograde. Quand il est vertical, aucune des fourchettes, soit de la marche en avant, soit de la marche en arrière, n'est embrayée; il est alors au point mort, tous les orifices sont bouchés dans les deux boîtes des lumières, et la vapeur ne saurait être admise dans les cylindres. C'est la position que le levier de changement de marche doit toujours occuper quand une locomotive est en stationnement, parce que lumières extrêmes se trouvant alors fermées, les fuites du régulateur ne peuvent occasionner pour la machine un mouvement de déplacement.

Le mode de transmission de mouvement adopté par Sharp et Roberts demande que les fourchettes des barres des excentriques de la marche en avant prennent par en *dessus* les tourillons des arbres de distribution, et que celles de la marche en arrière, au contraire, les embrassent par en *dessous*. Cette disposition laisse à désirer, parce qu'il peut

arriver que, lors du mouvement rétrograde, une des tiges qui tiennent soulevées les fourchettes de la marche en avant vienne à se détacher ou à se briser, et que la fourchette tombe sur l'arbre de distribution qui, commandé alors par deux fourchettes de marche différente, se fausse ou se tord infailliblement. Cet inconvénient n'est pas à redouter quand les quatre fourchettes sont disposées de manière à embrasser par en *dessous* les mannetons des arbres de distribution, parce qu'alors, s'il y a détachement d'une des fourchettes, celle-ci tombe en dessous du mouvement et ne produit pas d'accident.

Dans la Fig. 1, Pl. 10, nous avons représenté le mouvement de la machine quand la marche en arrière est embrayée. En comparant les Fig. 1 et Fig. 1_1 de cette planche, on peut se rendre facilement compte de l'effet que produit sur le tiroir un changement d'embrayage. Dans la Fig. 1, la lumière extrême F′ étant découverte, la vapeur pousse le piston de la gauche vers la droite, et la machine se meut en avant. Dans la Fig. 1_1, le piston occupe la même position que dans la Fig. 1, mais l'embrayage est différent, la lumière F^3, qui était en communication avec l'atmosphère dans la Fig. 1, l'est maintenant avec la chaudière, tandis que l'orifice F′, qui donnait accès à la vapeur, sert à son éduction. Aussi le piston, qui se mouvait

de la gauche vers la droite sous l'influence de la vapeur admise par l'orifice F^3, va prendre un mouvement inverse, rebrousser chemin et imprimer à la machine le mouvement du recul.

On pressent, après la comparaison de ces deux figures, que le changement d'embrayage, quand une machine est lancée dans une certaine direction, doit avoir pour effet immédiat le ralentissement de la marche, puis l'arrêt, puis le recul. En effet, la vapeur admise en sens contraire du mouvement du piston, lui oppose une résistance assez forte; sa vitesse acquise lui permet de la surmonter dans les premiers instants : il refoule la vapeur dans la boîte des lumières, et de là dans la chaudière; son allure toutefois se ressent de cette marche anormale : il y a commencement d'un ralentissement sensible. Le piston revient cependant encore sur lui-même; mais comme la distribution n'est plus en harmonie avec la direction qu'il prend, comme sa vitesse acquise est presque annulée par les résistances qu'il a essayé de vaincre, il cède à l'impulsion de la vapeur et prend un mouvement opposé à celui qu'il possédait. Le changement de marche, quand une machine est en mouvement, est donc un frein et même le frein le plus puissant que le mécanicien ait à sa disposition pour arrêter. — Nous n'avons pas besoin d'ajouter que la marche à contre-vapeur fatigue considérablement les joints des cylindres,

ceux des boîtes des lumières et des tuyaux de vapeur, ainsi que les organes mêmes du mécanisme. Il est à regretter que les conducteurs y aient si souvent recours.

Le système de distribution à quatre excentriques fixes, qui est le seul aujourd'hui adopté, a été appliqué de beaucoup de manières. Nous avons cru nous rendre utiles en résumant, dans les Pl. 10 et 11, les principales dispositions de transmission de mouvement aux tiroirs dans les locomotives. Nous allons les examiner successivement, en les comparant soit entre elles, soit au mécanisme de *la Rapide*.

La disposition qu'on remarque (Fig. 2, Pl. 10) est celle que Stephenson a employée dans la machine *la Victorieuse*, qui marche sur le chemin de fer de Versailles (rive gauche). Elle ne diffère que peu de celle des machines *Stephenson* et *Watt*, du même constructeur, qui circulent sur la ligne d'Orléans. En comparant l'ensemble du mouvement à celui de *la Rapide*, on voit que Stephenson, pour éviter l'inconvénient que nous avons rappelé ci-dessus, fait embrayer par *en dessous* les quatre fourchettes des excentriques. Il emploie comme Sharp, pour le changement et la marche, deux arbres g et g'; mais, au lieu de les superposer, il les place vis-à-vis l'un de l'autre dans

deux plans différents. Sur l'arbre g sont calés les deux leviers f''' et f''; l'un sert à la suspension des fourchettes de la marche en avant, et l'autre est destiné à faire communiquer l'arbre g avec le levier de changement de marche. Sur l'arbre g' sont calés trois leviers; deux sont horizontaux et se trouvent placés à chacune des extrémités : ils supportent les fourchettes de la marche en arrière; le troisième est vertical : il est destiné à relier, par l'intermédiaire de la bielle f^3, les deux arbres g et g' qui doivent obéir en même temps au levier f. Si celui-ci, dans la position indiquée, est tiré en arrière, les leviers n et f'' suivent la même direction, impriment aux deux arbres g et g' des portions de mouvement circulaire opposé, en vertu duquel le levier horizontal f''' s'abaisse, les fourchettes des excentriques de la marche en avant se déclanchent, tandis que le levier f^5 s'élève en embrayant, au contraire, les fourchettes de la marche en arrière.

La disposition que nous venons d'examiner est bonne; elle a été imitée, en partie du moins, par plusieurs constructeurs, entre autres par Pauwels. Toutefois, il est à observer que dans *la Victorieuse*, les barres des excentriques sont trop courtes; elles n'ont que 1^m160, tandis que dans *la Rapide* elles ont 1^m628, ce qui est bien préférable : plus ces barres sont longues, moins les obliquités qu'elles prennen dans leur mouvement ont d'in-

fluence sur la marche des tiroirs. La destination spéciale de *la Victorieuse*, dont les roues de derrière sont de même diamètre que les roues motrices, afin de pouvoir être accouplées, avait forcé Stephenson d'assigner aux bielles, ainsi qu'aux barres excentriques, les faibles longueurs qu'on remarque.

Nous avons représenté, Fig. 3, Pl. 10, une autre disposition de Stephenson : c'est celle qu'il a adoptée dans les machines qu'il a livrées, en 1842, au chemin de fer de Paris à Orléans.

Hawthorn, dans les locomotives *Saint-Cloud* et *Jean-Bart*, qui marchent sur le chemin de fer de Saint-Germain, avait adopté, avant lui, une distribution semblable.

Le système, comme les précédents, est à quatre excentriques; mais, au lieu d'être répartis sur la longueur de l'essieu moteur, comme nous les avons vus dans *la Rapide* et *la Victorieuse*, ils sont groupés dans l'espace compris entre les deux manivelles. Cette disposition demande à ce que les quatre poulies des quatre excentriques soient composées de deux parties, puisqu'elles ne pourraient, sans cela, être emmanchées sur l'arbre; dans *la Rapide*, comme les excentriques de la marche en avant se trouvent aux deux extrémités de l'essieu coudé, ils ont pu être fondus d'une seule pièce, ce qui est bien plus économique. Cela présente

aussi plus de sécurité, car on n'a pas à craindre de disjonction d'assemblage. Les tourillons des arbres de distribution, disposés en T sur le levier qui les porte, sont saisis par *en dessous* par les quatre fourchettes; en cela, Stephenson est resté fidèle, et avec raison, à ce qu'il avait fait dans *la Victorieuse*. Les arbres de distribution sont d'une disposition particulière. Nous les avons représentés en détail (Fig. 9 et Fig. 9_1, Pl. 11). Le groupement des excentriques sur l'essieu coudé a conduit à rassembler sur le même levier *d* les tourillons des fourchettes de marche différente. L'arbre de changement de marche *g*, au lieu d'être rectiligne comme dans presque toutes les machines, est coudé en forme de manivelle (voir Fig. 8 et Fig. 8_1, Pl. 11); à l'une de ses extrémités est calé un levier vertical f'', qui sert à le relier au levier de changement de marche, et de chaque côté du coude sont fixées les tiges de suspension des fourchettes des excentriques de la marche en arrière. La manivelle de cet arbre *g* repose dans une pièce évidée *a*, qui est terminée à l'une de ses extrémités par un arbre horizontal g', exactement parallèle à l'arbre *g*, et à son extrémité antérieure par un levier en forme de T, auquel viennent se fixer les tiges de suspension des barres des excentriques de la marche en arrière.

Quand la marche en avant est embrayée, le mécanisme se présente comme il est indiqué (Fig. 3,

Pl. 10); quand on veut changer de direction, on attire le levier f, le levier f'' suit la même direction, l'arbre g tourne sur lui-même, le coude h bascule, appuie sur la pièce évidée a, les deux leviers parallèles f^5 se relèvent, l'arbre g' décrit en même temps une portion de cercle, mais en sens contraire de celui que parcourt l'arbre g, le levier f''' descend et désembraye les fourchettes des excentriques de la marche en avant, au même instant où celles des excentriques de la marche en arrière viennent saisir les tourillons des arbres de distribution.

Toutes les pièces de ce système sont difficiles et coûteuses à forger.

Nous préférons de beaucoup à cette disposition, celle que Hawthorn a employée dans la machine Fulton, appartenant à la compagnie du chemin de fer d'Orléans. Elle est extrêmement simple et ingénieuse. (Voir Fig. 4, Pl. 10.)

Les tiroirs, comme dans les locomotives de Sharp et de Stephenson, sont commandés par quatre excentriques; ils sont placés par couple aux deux extrémités de l'essieu moteur, et chaque arbre de distribution porte par suite du même côté les deux tourillons correspondants. Quant au mécanisme de changement de marche, Hawthorn l'a transporté au-dessous de la boîte à fumée, et a dégagé ainsi la partie inférieure de la chaudière

où l'accès des pièces n'est pas toujours facile.

Ce mécanisme se compose d'un arbre g, maintenu dans deux supports en bronze, fixés à la partie inférieure de la boîte à fumée, et portant, à l'une des extrémités, un petit balancier $f'''g\,k$, ainsi qu'un levier vertical f'' qui le relie avec le levier de changement de marche, et à l'autre extrémité un balancier seulement, parallèle et semblable au premier. Les parties antérieures f''' de ces balanciers supportent, par l'intermédiaire des tiges f^7, les fourchettes des excentriques de la marche en avant; les extrémités opposées k, terminées par un renflement formant tourillon, reposent dans des trous ovales ménagés sur des leviers f^5. Ces leviers, au nombre de deux, sont calés à chacune des extrémités d'un arbre g', fixé dans deux supports et placé au-dessous de la boîte à fumée parallèlement à l'arbre de changement de marche g. Ils servent à guider le mouvement des fourchettes de la marche en arrière. Quand on veut les embrayer, il suffit de tirer le levier f''; le mouvement qu'on imprime à l'arbre de changement de marche g, fait basculer les deux balanciers $f'''g\,k$; les extrémités f''' s'abaissent, et les fourchettes des excentriques de la marche en avant se désembraient; les tourillons k, au contraire, s'élèvent en entraînant avec eux les leviers $f^5\,g'$ qui oscillent autour de l'arbre g', en enclanchant les fourchettes des excentriques de la mar-

che en arrière. Ces leviers, pour pouvoir ainsi tourner autour de l'arbre de changement de marche qu'ils embrassent, portent une partie évidée *m*, qui dégage complétement leurs mouvements. Nous avons donné en détail toutes les pièces du mécanisme, ainsi que les supports (Fig. 13, Fig. 14, Fig. 15, Fig. 16 et Fig. 17, Pl. 11).

Cette disposition de Hawthorn réunit deux conditions bien importantes : simplicité et solidité. En examinant ces machines, on est frappé du peu d'organes dont elles se composent, et de la facilité avec laquelle le mécanicien peut s'assurer du bon état des pièces. Ces locomotives ont fait un parcours considérable sur le chemin de fer d'Orléans, et les frais d'entretien auxquels elles ont donné lieu ont été presque insignifiants. Après les systèmes à transmission de mouvement directe, c'est, sans contredit, la combinaison la plus simple qui ait été exécutée jusqu'aujourd'hui.

Au chemin de fer de Versailles (rive gauche), nous n'avons pas eu lieu d'obtenir des résultats aussi satisfaisants avec les locomotives que cet habile constructeur y a expédiées. Le système en est tout différent. Nous l'avons rapporté (Fig. 5, Pl. 10).

Au lieu de se servir d'excentriques pour commander les tiroirs, Hawthorn y a mis à profit la propriété que possède un point pris sur une bielle

dans un système articulé formé d'une bielle, d'une manivelle et d'un piston, parcourant une droite qui passe par le centre de la manivelle, de s'élever et de s'abaisser successivement, en décrivant une courbe de la forme d'un ovale, que l'analyse range parmi celles du 4e degré.

En transformant le mouvement *rectiligne* alternatif qui se produit ainsi, en un mouvement *circulaire* alternatif, appliqué à un arbre de distribution, on prévoit qu'on peut engendrer de cette manière, et sans le secours d'excentriques, le mouvement de va et vient nécessaire aux tiroirs.

Pour arriver à ces résultats, Hawthorn adapte, sur le milieu de chacune des bielles, un coulisseau K′, terminé par un tourillon qui entre dans la bielle. Il embrasse cette pièce rectangulaire K′ par un parallélogramme M qui, pendant que le point milieu de la bielle décrit la courbe indiquée sur la Fig. 5, monte et descend parallèlement à lui-même, en imprimant à l'arbre de distribution *e*, un mouvement circulaire alternatif auquel participe la barre e^4, terminé par une double fourchette qui le transforme en un mouvement de va et vient pour le tiroir.

La Fig. 5 représente l'embrayage pour la marche en avant. Quand on veut aller en arrière, il faut en même temps changer et l'inclinaison du parallélogramme M et la fourchette enclanchée. Les leviers calés sur l'arbre de changement de marche

g permettent de produire simultanément ces deux effets.

Au chemin de fer de Versailles (rive gauche), nous n'avons pu faire, dans ces machines, l'application de la détente, parce que l'avance y est réglée par l'inclinaison des parallélogrammes qui, si nous les avions dérangés de la position que Hawthorn leur avait assignée, seraient venus frapper les génératrices inférieures de la chaudière; sans cet obstacle, il nous aurait suffi ou d'augmenter la longueur du levier *p*, ou de changer son point de calage. L'une ou l'autre de ces modifications permet d'augmenter l'angle *gep*, qui mesure l'avance, et sur l'un des côtés *p e* duquel le parallélogramme M doit toujours être perpendiculaire.

Au chemin de fer de Saint-Germain, M. Clapeyron a fait exécuter une disposition de transmission de mouvement à 4 excentriques, dans laquelle l'arbre de changement de marche est concentrique aux deux arbres de distribution qui, par suite, sont creux et d'un ajustement difficile. Le mécanisme de changement de marche y est fort simple : il consiste seulement en un levier f'', qui communique au grand levier f, et en un balancier f^3 f''', dont l'une des extrémités supporte les barres des excentriques de la marche en avant et dont l'autre guide celles de la marche en arrière. En imprimant à l'arbre de changement de

marche un mouvement de rotation, le balancier bascule, la branche f'' descend, celle f'''' monte, et les fourchettes de la marche en arrière viennent saisir les tourillons des arbres de distribution.

Le mode de suspension employé dans ce système pour les barres des excentriques de la marche en avant, n'est pas sans inconvénient; en effet, comme elles sont saisies en arrière des fourchettes, leur longueur déjà restreinte, se trouve encore diminuée, et la régularité de leurs mouvements en est affectée. Cette disposition peu avantageuse est une conséquence du système. On aurait pu toutefois la réserver pour les barres des excentriques de la marche en arrière, dont on se sert plus rarement; il eût suffi, pour cela, de caler le levier f'' en dessous de l'arbre de changement de marche, au lieu de le fixer en dessus; le grand levier f n'en aurait pas moins indiqué la marche en avant par son inclinaison vers la cheminée de la machine.

Stephenson, dans *Monge*, suspend aussi les barres des excentriques en arrière des fourchettes. Ces dispositions ne sont pas à imiter.

La transmission de mouvement aux tiroirs dans les machines de Rouen, construites par MM. Alcard et Buddicom, est ingénieuse; nous l'avons rapportée fig. 1, Pl. 11.

Les excentriques, au nombre de quatre, sont groupés deux par deux, aux extrémités de l'arbre moteur qui est parfaitement droit : les moyeux des grandes roues forment les manivelles des pistons. Chaque arbre de distribution porte du même côté les tourillons destinés à recevoir les fourchettes des excentriques des deux systèmes et sur l'arbre de changement de marche g, placé en dessous des barres, sont calés, 1° un levier f'' qui lui transmet les mouvements imprimés au levier f; 2° des leviers f''' parallèles entre eux qui, par l'intermédiaire des tiges f^7 et f^6 supportent les fourchettes. Celles-ci, comme dans les machines de Sharp, sont disposées de manière à ce que celles de la marche en avant saisissent par en dessus les mannetons des arbres de distribution, tandis que celles de la marche en arrière les embrassent par en dessous.

Ce système est simple et par cela même économique. Il ne nécessite que peu de pièces et peu de supports. Il dispense de l'arbre de changement de marche additionnel g' que nous avons remarqué dans toutes les dispositions que nous venons de décrire, si ce n'est dans celle de M. Clapeyron.

Le système de distribution des machines du chemin de Rouen, quoique déjà si peu compliqué si on le compare à ceux adoptés dans *la Rapide*, *la Victorieuse*, *Monge*, etc., l'est cependant encore bien plus que celui à communication de mouve-

ment directe que M. Stephenson a si heureusement appliqué dans ses dernières locomotives et que M. Pauwels a déjà reproduit dans celles qu'il a construites pour le chemin de fer de Lille.

Dans les systèmes à transmission de mouvement directe, les boîtes des lumières, au lieu d'être placées au-dessus des cylindres, sont adaptées sur les côtés latéraux; cette disposition permet de faire embrasser directement les tiges des tiroirs par les fourchettes des excentriques, sans aucun intermédiaire, et de supprimer, par suite, les deux arbres de distribution. C'est là leur principal avantage.

La Fig. 7 Pl. 10, donne le mouvement de *la Ville-de-Turcoing*, construite par Pauwels. Les lumières de vapeur sont verticales, en raison de la disposition latérale des boîtes des lumières, qui sont placées dans l'espace compris entre les deux cylindres. Les tiges des tiroirs e^6 sont terminées par des branches e^4, de la forme d'un lozange: ils glissent dans des supports adaptés aux longerons intérieurs et portent à droite et à gauche les tourillons e^2 que viennent saisir les fourchettes des excentriques. Au-dessus est l'arbre de changement de marche g, sur lequel sont calés quatre leviers : trois, tels que f''', inclinés horizontalement et parallèles entre eux, sont destinés à supporter les fourchettes; le quatrième f'', communique à l'ar-

bre *g* les mouvements que le mécanicien imprime au levier de changement de marche *f*; quant il est attiré en arrière, le levier *f''* suit la même direction, ceux *f'''* s'élèvent et les fourchettes de système différent sont enclanchées.

La position latérale des boîtes des lumières simplifie considérablement le mécanisme des locomotives. Il est à présumer que tous les constructeurs adopteront cette disposition ingénieuse; les tiroirs s'y trouvent cependant dans des conditions peu favorables; en effet, commandés directement par les fourchettes, ils ne sauraient avoir de longues courses, si convenables pour un prompt échappement, car il faudrait donner aux excentriques de grandes excentricités qui ont l'inconvénient de produire des mouvements trop brusques.

Il est une précaution importante à prendre dans la construction de ces boîtes des lumières : il faut incliner assez fortement les parois sur lesquelles glissent les coquilles, pour remédier à l'inconvénient du renversement des tiroirs; dans le même but il faut avoir soin de les presser par des ressorts. L'expérience a démontré la nécessité de ces mesures.

Stephenson, dans sa première machine à communication directe, au lieu de terminer les barres

des excentriques par des fourchettes, comme l'a fait depuis Pauwels, a placé une double fourchette sur chacune des tiges des tiroirs, et ce sont les barres des excentriques qui portent les tourillons. Cette disposition lui a permis de donner aux branches des fourchettes une grande élevation, qui facilite et adoucit singulièrement la manœuvre des enclanchements.

Dans la machine *la Ville-de-Turcoing*, l'embrayage des fourchettes de la marche en arrière se fait assez difficilement, parce que tous les leviers se trouvent en avant de l'arbre de changement de marche. La manœuvre serait plus facile s'il y avait en arrière de l'arbre un contre-poids qui aurait encore cet autre avantage de s'opposer à un engrènement trop brusque des fourchettes de la marche en avant.

Machines à détente variable. — Il arrive constamment dans l'exploitation d'un chemin de fer qu'on ait à faire traîner successivement, à une même machine, un convoi lourd ou un train léger; que sa force qui était presque entièrement utilisée pour le remorquage du premier, ne soit absorbée qu'en partie pour la conduite du second, et que l'excédant de puissance qu'elle développe se trouve ainsi dépensée sans profit; il est vrai que dans cette

dernière circonstance, la charge étant moindre, la vitesse pourra être augmentée, mais, comme elle est limitée par des règlements d'administration et des considérations techniques, il s'ensuit qu'il n'y a pas de compensation. Il arrive aussi fréquemment que, dans le parcours de certaines portions du chemin, la machine ait à gravir de fortes pentes qui exigent qu'avec la charge donnée la vapeur agisse à pleine pression, sans détente, pendant toute la course du piston, tandis que, dans d'autres parties, elle rencontre des paliers ou des pentes, où l'expansion de la vapeur dans une forte proportion pourrait être avantageusement utilisée. Dans les mécanismes de distribution que nous avons décrits jusqu'ici, la détente est employée d'une manière fixe : on ne peut avec elle proportionner la force et par conséquent la dépense des machines, au travail qu'elles ont à effectuer. Nous disons la dépense, parce que la vapeur, quand elle s'est détendue, s'échappe dans la cheminée avec une vitesse bien plus faible que celle qu'elle aurait prise si sa pression ne se fût point abaissée, de sorte qu'il y a affaiblissement du tirage et par suite diminution de consommation de combustible. La vaporisation dans la chaudière se trouve d'ailleurs par là réduite dans la même proportion.

L'application de la détente variable aux machines locomotives ne date que de 1842 : la dif-

ficulté de trouver un mécanisme simple avait longtemps retardé les constructeurs. Les systèmes mis en pratique aujourd'hui peuvent se ranger en deux classes : à l'une appartiennent les dispositions dans lesquelles on fait varier les longueurs des courses des tiroirs ; à l'autre, celle où l'on emploie deux tiroirs superposés. Dans la première, il faut placer les mouvements de Cabry et de Stephenson, quoique différents entre eux ; dans la seconde, les transmissions de Mayer et de Gonzenbach.

Le travail de la vapeur dans les deux systèmes est tout différent : dans les machines de Cabry et de Stephenson, les diminutions apportées aux longueurs des courses des tiroirs ont pour effet : de faire moins découvrir les orifices extrêmes, de les refermer plus tôt, d'avancer le moment à partir duquel s'effectue l'échappement, et de prolonger la durée de la compression de la vapeur ; les avantages dus à la détente y sont en partie compensés, d'une part, par l'inconvénient d'un échappement trop anticipé, qui ne permet pas de tirer de la vapeur tout l'effet possible ; d'autre part, par le travail absorbé par la compression. Aussi, comme nous le verrons plus loin, l'accroissement de l'effet utile dans ces machines, par suite de l'expansion de la vapeur, est-il peu sensible. Il n'en est pas de même dans les systèmes de Mayer et de Gonzenbach : l'application de la détente produit

des avantages réels; les mouvements combinés des deux tiroirs qu'ils emploient permettent d'intercepter l'admission de la vapeur dans les cylindres, en des points quelconques de la course du piston, sans que les sections des lumières, sans que l'angle sous lequel s'effectue l'échappement éprouvent des variations, sans enfin qu'il y ait travail absorbé par la compression de la vapeur. L'expansion de la vapeur est donc plus rationnel dans ces machines que dans celles à courses de tiroir variables, dans lesquelles la détente n'est, à vrai dire, que le résultat d'un rétrécissement apporté aux lumières, rétrécissement qui a d'ailleurs l'inconvénient d'augmenter la vitesse d'entrée de la vapeur, d'établir par conséquent dans le cylindre une pression inférieure à celle qui existe dans les conduites.

Détente variable de Cabry. Dans les machines de Cabry, la transmission de mouvement est indirecte, et pour obtenir à volonté une diminution de longueur de course des tiroirs, les barres des excentriques, au lieu d'être terminées par des fourchettes, portent à leur extrémité un bouton qui est engagé dans une coulisse fixe adaptée à la partie inférieure de l'arbre de distribution. En abaissant ou en élevant les barres des excentriques d'une même marche, on change le rapport qui existe entre les deux bras de levier de l'arbre de

distribution, et on diminue ou on augmente la longueur de la course du tiroir.

Le mécanicien règle à volonté la hauteur de la barre dans la coulisse, à l'aide d'une tringle filetée qui passe dans une douille fixe, et qui correspond avec l'arbre de changement de marche, auquel les barres sont suspendues comme les fourchettes habituelles.

Il est facile de se rendre compte que dans ce système, les variations apportées à la course du tiroir, par suite de la plus ou moins grande inclison donnée à la barre de l'excentrique, influent d'une manière sensible sur l'avance linéaire, qui devient d'autant plus petite qu'on donne moins de course au tiroir, de telle sorte que, pour certaines courses, lorsqu'il y a un assez grand recouvrement extérieur, il peut arriver qu'au lieu d'avance il y ait retard, c'est-à-dire que le tiroir n'ait pas encore découvert la lumière extrême, lorsque le piston est sur le point de rétrograder. C'est là un grave inconvénient, qui vient s'ajouter à ceux que nous avons déjà mentionnés : il résulte de la position invariable des excentriques sur l'essieu coudé et de la fixité du point de rotation de la coulisse. Nous avons vu, en effet, que l'angle de calage des excentriques dépend de l'avance linéaire et que cet angle correspond, dans une circonférence décrite sur la course du

tiroir, comme diamètre, à un sinus égal en longueur à l'avance linéaire; et, réciproquement, que l'avance linéaire, pour un angle d'avance donné, est égal au sinus de cet angle. Si donc on fait varier la course du tiroir, comme cela a lieu dans les machines de Cabry, sans en même temps modifier l'avance angulaire de l'excentrique, comme elle dépend de la longueur de la course du tiroir, il est inévitable que l'avance linéaire ne change pas pour chaque variation apportée à la course, et que dans certaines circonstances, comme nous l'avons déjà dit, si le recouvrement extérieur est grand, cette avance ne se transforme pas en retard pour la distribution.

Une figure géométrique rendra ce raisonnement plus sensible. Supposons que AB (Fig. 8 Pl. du texte) représente la longueur de la course du tiroir à laquelle correspond l'angle de calage de l'excentrique; soit *a* cet angle, et CD le sinus qui mesure l'avance linéaire correspondante. Si on change la longueur de la course, si on la réduit à EF, pour que l'avance linéaire reste constante, il faudrait que l'angle *a* se changeât en *d* (car un même sinus correspond à un angle d'autant plus grand, que la circonférence dans laquelle il est inscrit a un moindre rayon); alors, pour la nouvelle course EF, le tiroir aurait dépassé le milieu de sa course, quand le piston arrive à la fin de

la sienne, de la même quantité que pour la course AB. Or, si le calage de l'excentrique est fixe; l'angle a, quelle que soit la course, reste invariable, et comme cet angle n'est en rapport que pour un seul cas avec la quantité dont le mouvement du tiroir doit avoir précédé celui du piston, il peut arriver que, par suite du raccourcissement apporté à la longueur de la course du tiroir, que la lumière extrême ne soit pas encore découverte quand le piston revient sur lui-même.

Détente variable de Stephenson. — Les machines à détente variable de Stephenson sont basées sur le même principe que celles de M. Cabry, mais il y est plus heureusement appliqué. Cet habile constructeur a ingénieusement paré à l'inconvénient sur lequel nous venons d'insister, en changeant le calage des excentriques, c'est-à-dire en substituant au mode de distribution par leviers des locomotives de Cabry, une transmission de mouvement directe, et en rendant mobile le point de rotation autour duquel oscille la coulisse qui, dans les machines de Cabry, se trouve constamment sur l'axe de l'arbre de distribution. Cette modification importante a pour résultat de changer complétement les conditions dans lesquelles se trouve le tiroir dans le système que nous venons d'examiner : les raccourcissements apportés à la

longueur de sa course, au lieu de diminuer l'avance, l'augmentent au contraire de telle sorte que, pour la course la plus petite, l'avance est la plus grande.

Il serait préférable, il vrai, que l'avance restât constante pour toutes les courses; mais comme elle varie dans un sens favorable au mouvement, l'inconvénient qui résulte de cette variation est bien moins grave que dans la distribution de Cabry.

Nous avons représenté, Fig. 3, Pl. II, le mouvement à détente variable de la machine *Montgolfier* de Stephenson.

Les lumières sont placées sur les côtés latéraux du cylindre; la tige du tiroir est directement commandée par un coulisseau *a*, en forme de secteur, qui embrasse une petite glissière en acier, fixée sur la tige du tiroir par un boulon autour duquel elle peut osciller; ce secteur est lié à sa partie supérieure à la barre de l'excentrique de la marche en avant, et à sa partie inférieure à celle de l'excentrique de la marche en arrière : il participe ainsi aux mouvements combinés des deux barres; il peut être élevé ou abaissé à volonté, à l'aide de la tige de suspension f^6 qui le relie à l'arbre de changement de marche *g*. On conçoit, d'après cela, que pour la marche en avant, par exemple, le tiroir aura d'autant plus de course que le coulisseau sera descendu plus bas, puisque alors l'extrémité de la barre de l'excentrique décrira les plus grands arcs et que l'inverse aura lieu si on

rapproche le levier de changement de marche de la verticale : c'est ainsi que le minimum de course a lieu quand le levier *f* est au point mort : les barres des excentriques sont alors dirigées suivant les lignes *l* et *l'*; pour le cas de la marche en arrière, le maximum de course correspond à la position F du levier de changement de marche, et celles *h'* et *h''* des barres *d'* et *d* ; le minimum de course est indiqué, comme pour la marche en avant par la direction verticale du levier *f*.

Pour que le mécanicien puisse à volonté fixer le levier *f* dans une position quelconque, et par conséquent détendre à tel ou tel point de la course du piston, ce levier porte avec lui un verrou, qui entre dans des encoches pratiquées à la partie supérieure d'un disque dans lequel il glisse et sur lequel sont marquées les fractions $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$ et $\frac{1}{4}$ indiquant que pour les positions correspondantes du levier, l'entrée de la vapeur dans les cylindres est interceptée aux $\frac{3}{4}$, à la moitié, aux $\frac{3}{8}$ et au $\frac{1}{4}$ de la course du piston.

Le mécanisme de distribution des machines à détente variable de Stephenson se distingue et se recommande par sa simplicité extrême, qui rachète en quelque sorte les inconvénients inhérents au principe du système de détente employé.

Nous avons cherché à nous rendre compte, par

une épure, puis ensuite par le calcul, du mouvement ainsi que de l'effet utile de la vapeur dans ces machines, selon qu'on donne aux tiroirs leur plus grande course ou qu'on place le levier de changement de marche suivant la bisectrice de l'angle formé par sa position au point mort et par sa position extrême. Nous ne ferons que résumer les résultats auxquels nous avons été conduits, en indiquant, toutefois d'abord, les dimensions principales que nous avons dû relever.

Dans la machine *Montgolfier*:

Le diamètre des cylindres. (mètres)	=	0^m355
La course des pistons. (id.) .	=	0^m507
L'excentricité. . . . (id.) .	=	0^m0585
La distance des bords extérieurs des lumières extrêmes. . . :	=	0^m177
La distance des bords intérieurs des lumières extrêmes.	=	0^m115
La longueur extérieure du tiroir.	=	0^m202
La longueur intérieure du tiroir. .	=	0^m108
La longueur des lumières. . . .	=	0^m252
La largeur de la lumière centrale. .	=	0^m064
La largeur des lumières extrêmes. .	=	0^m031
Le recouvrement extérieur du tiroir.	=	0^m0125
Le recouvrement intérieur. . .	=	0^m004
L'avance à contre-vapeur. . . .	=	0^m0025
L'angle de calage. (degrés anciens)	=	101°

La longueur des bielles des excentriques. . . . . = 1^m48

L'angle que ces bielles font avec l'horizontale lors de la plus petite course. = 8°30′

L'angle que ces bielles font avec l'horizontale lors de la course moyenne. . = 5°30′

L'angle que ces bielles font avec l'horizontale lors de la plus grande course. = 2°45′

La longueur de la plus grande course. . . . . = 0^m083

La longueur de la course moyenne. = 0^m052

La longueur de la plus petite course. = 0^m040

Le volume de l'espace qui reste devant le piston quand il est à la fin de sa course (cent. cubes). . . . . = 3490

En faisant avec ces données un tracé semblable à celui que nous avons indiqué pour *la Rapide*, nous avons reconnu, pour le cas où le tiroir a sa plus grande course :

1° Que la vapeur agit à pleine pression, sur une longueur de la course du piston. = 0^m449 ce qui correspond à un parcours angulaire de la manivelle. . . . . = 141°

2° Que depuis l'instant de la fermeture de la lumière extrême, jusqu'au moment où l'échappement commence, la vapeur agit par expansion, sur une longueur = 0^m047

ce qui correspond à un parcours angulaire de la manivelle. . . . . = 23°41′

3° Que, depuis le commencement de l'échappement, jusqu'à la fin de la course, la vapeur agit encore avec des pressions qui décroissent rapidement d'après une loi inconnue, sur une longueur. . . = 0m011
ce qui revient à dire, que l'échappement s'effectue sous un angle. . . . . = 15°19′

4° Que la vapeur est refoulée par le piston, la lumière d'échappement étant complétement fermée sur une longueur = 0m030
qui s'étend sensiblement jusqu'à la fin de la course du piston, ce qui correspond à un angle de compression. . . . . = 28°10

En traçant l'épure pour le cas où le levier de changement de marche est à égale distance de sa position extrême et de sa position verticale, nous sommes arrivés à reconnaître :

1° Que la vapeur agit à pleine pression, sur une longueur. . . . . = 0m337
ce qui correspond à un parcours angulaire de la manivelle. . . . . = 109°14

2° Que l'expansion a lieu, sur une longueur. . . . . = 0m122

pendant laquelle la manivelle parcourt = 34°56

3° Que la vapeur agit encore, tout en s'échappant, sur une longueur. . . = 0m048
ce qui indique que l'échappement a lieu sous un angle. . . . . = 35°50'

4° Que l'échappement a lieu librement sur une portion de course. . . . . = 0m404

5° Que la compression a lieu, la lumière d'échappement étant complétement fermée, sur une longueur. . = 0m090
pendant laquelle la manivelle parcourt. 35°23'

6° Enfin que le piston marche à contre-vapeur, sur une longueur. . . . . = 0m013
ou pendant un parcours angulaire de la manivelle. . . . . = 18°12'

En comparant ensemble les mouvements de la vapeur, pour les deux cas dont nous parlons, on peut s'assurer, comme nous l'avons dit plus haut, que les diminutions apportées aux longueurs des courses des tiroirs ont pour résultat :

1° De faire moins découvrir les orifices extrêmes.

2° De les refermer plus tôt.

3° D'avancer le moment à partir duquel s'effectue l'échappement.

4° De prolonger la durée de la compression.

En effet, pour le premier cas, la longueur de la course étant de 0^m083, et le recouvrement extérieur de 0.0125, il résulte que la plus grande ouverture de la lumière correspond à :

$$\frac{0^m083}{2} - 0^m0125 = 0^m029.$$

Pour le second cas, la longueur de la course se trouvant réduite à 0^m052, la largeur maxima de l'ouverture est :

$$\frac{0^m052}{2} - 0^m125 = 0^m0135,$$

c'est-à-dire moitié moins grande.

Dans l'hypothèse de la plus grande course, l'échappement s'effectue sous un angle de 15°19′; dans celle de la course moyenne, il commence 35°50′ avant la fin de la course du piston.

Dans le premier cas, la compression s'effectue sous un angle de 28°10; dans le second, elle commence 53° 35′ avant la fin de la course du piston; et si on fait le calcul du travail ré-

sistant dû à la compression, on trouve que, dans la première supposition, il est égal à 51 kilogrammètres 75, tandis que, dans la seconde, il s'élève jusqu'à 187 kilogrammètres 28 : aussi trouve-t-on peu de différence quand on cherche dans ces deux hypothèses l'effet utile d'un litre de vapeur.

En suivant une série de calculs semblables à ceux que nous avons faits pour *la Rapide*, et en nous plaçant dans les mêmes circonstances, nous avons établi ainsi qu'il suit le travail de la vapeur, selon qu'on place le levier de changement de marche à sa position extrême ou à sa position moyenne.

INDICATION DU TRAVAIL.	COURSE MAXIMA DU TIRADIR.	COURSE MOYENNE.
	km.	km.
Travail de la vapeur à pleine pression (km).....	1839.16	1378.56
Travail de la vapeur pendant la détente. (*id.*)....	184.85	442.24
TOTAL du travail moteur (sauf celui que la vapeur développe pendant qu'elle s'échappe)...	2024.01	1820.80
Travail résistant dû à la compression de la vapeur.	51.75	187.28
Travail résistant dû au refoulement de la vapeur.	0.00	53.26
Travail résistant dû à l'échappement de la vapeur dans l'atmosphère à l'aide d'une tuyère, dans l'hypothèse une pression de 1 atmosp. 25 derrière le piston.....	609.84	519.75
TOTAL du travail résistant.....	661.59	760.29
Effet utile (sauf le travail de la vapeur pendant l'échappement).....	1362.42	1060.51
Volume de vapeur à la pression de la chaudière, dépensé par coup simple de piston (litr.).....	litr. 46.38	litr. 33.45
Effet utile par litre de vapeur (kilogrammètres) .	km. 29.67	km. 31.71

En examinant le tableau ci-dessus, on voit que si les machines à expansion variable de Stephenson ne donnent pas lieu à une augmentation sensible de l'effet utile, par suite de l'application de la détente, elles permettent du moins de réduire considérablement la dépense de la vapeur par coup de piston, et c'est là un point essentiel.

Dans les dernières machines à détente variable que Stephenson a livrées, à la fin de 1843, au chemin de fer d'Orléans, nous avons eu lieu de remarquer quelques modifications heureuses que nous regrettons de ne pouvoir plus indiquer sur la Fig. 3. Les coulisseaux, au lieu d'être saisis à leurs extrémités, portent quatre tourillons auxquels se vissent les barres des excentriques, qui sont placés dans ces machines de telle sorte que, lors de la plus grande course, pour la marche en avant comme pour la marche en arrière, la direction de la barre de l'excentrique embrayée est parfaitement horizontale : il résulte de cette disposition que, pour ce cas, la course de l'excentrique peut être transmise intégralement au tiroir, ce qui ne peut avoir lieu dans aucune position dans le même objet. — Pour faciliter d'ailleurs le mouvement du levier de changement de marche, qu'on avait quelque peine à manœuvrer dans les premières machines, Stephenson a placé un contrepoids sur l'arbre, auquel sont suspendus les coulisseaux.

Les divisions de l'échelle de détente y diffèrent totalement de celles de la machine *Montgolfier;* elles sont : $\frac{3}{4}\frac{3}{8}\frac{4}{2}\frac{3}{8}$ et les dimensions relatives à la distribution sont :

Longueur extérieure du tiroir. . . .	0.228
Longueur intérieure.	0^m110
Distance des bords extérieurs des lumières extrêmes.	0^m180
Distance des bords intérieurs des lumières extrêmes.	0^m114
Largeur des lumières extrêmes. . . .	0^m033
Largeur de la lumière centrale. . .	0^m060
Longueur des lumières.	0^m250
Recouvrement extérieur.	0^m024
Recouvrement intérieur.	0^m002
Avance à contre-vapeur.	0^m004
Angle de calage (degrés anciens). . .	120°
Course de l'excentrique.	0^m114
Course maxima du tiroir.	0^m114
Course moyenne.	0^m086
Course minima.	0^m057
Distance de centre en centre des bras des excentriques.	1^m473
Diamètre des cylindres.	0^m355
Course du piston.	0^m510

Détente variable de Mayer. — Nous avons représenté, Pl. 11, Fig. 2 et Fig. 2_1, la disposition

du mécanisme des machines à détente variable de Mayer, de Mulhouse; nous ne nous arrêterons point sur la transmission de mouvement proprement dite, qui n'est qu'une simplification du système de Sharp et Roberts; nous n'expliquerons que son procédé de détente.

A A sont les lumières du tiroir, servant à l'introduction de la vapeur dans les cylindres. Ce tiroir fonctionne identiquement de même que le tiroir ordinaire des locomotives; seulement, au lieu de laisser entrer la vapeur en se retirant, il présente vis-à-vis de l'orifice des cylindres une lumière de dimension égale. Sur ce premier tiroir glissent, à la manière des tiroirs ordinaires, deux prismes pleins B B, qui peuvent boucher les orifices du premier tiroir. Ce sont ces prismes qui, à un certain point de la course du piston, ferment les lumières A A et interceptent l'introduction d'une nouvelle quantité de vapeur, en forçant ainsi celle déjà admise d'agir par expansion. Ces deux prismes sont mus par un levier C D E, ayant son point de rotation en D; l'extrémité inférieure du levier est mise en mouvement par un bouton F, placé sur la tête de la tige du piston; ce bouton est opposé et semblable à celui qui meut la pompe alimentaire. Au moyen de roues dentées G, d'une chaîne à la Vaucanson H, et de la tige K qui vient à portée du mécanicien, celui-ci peut imprimer un mouvement

de rotation aux tiges T, passant dans les prismes B B avec deux pas de vis disposés en sens contraire. Ce mouvement permet de rapprocher à volonté les prismes B B, qui bouchent les lumières A A d'autant plus tard qu'ils sont moins écartés, et *vice versâ;* on peut même, en les juxtaposant, supprimer complétement la détente.

L'aiguille représentée (Fig. 2,) indique, sur un cadran placé sur le devant de la machine, sous les yeux du mécanicien, le degré d'expansion de la vapeur. L'échelle porte les divisions suivantes :

1 $\frac{2}{3}$ 2 3 4 5 6

qui correspondent à la marche à pleine vapeur, à celle où elle n'est admise que pendant les deux tiers de la course, la moitié, le tiers, etc.

Nous avons cherché à nous rendre compte du travail et de l'effet utile de la vapeur pour les différents degrés de la détente et pour le cas où les prismes sont sans action. Nous avons résumé les résultats dans le tableau suivant. Les données dont nous nous sommes servis sont :

Diamètre des cylindres (mètres).	=	0^m380
Course du piston. . . (id.).	=	0^m460
Angle de calage (degrés anciens).	=	10°
Course du tiroir. . (mètre).	=	0^m095

Course des prismes. . (id.) . = 0^m115

Recouvrement extérieur (id.) . = 0^m003

Recouvrement intérieur (id.) . = 0^m000

Avance à contre-vapeur (id.). . = 0^m005

Angle dont la détente précède la fin de la course (degrés anciens). . . = $13°37$

Angle correspondant au recouvrement extérieur (degrés anciens). = $3°37$

Fraction de course du piston pendant laquelle la vapeur se détend. = 0^m0035

Id. id. pendant qu'elle continue à agir tout en se s'échappant. . = 0^m0035

Id. id. pendant laquelle elle est comprimée . . . . . = 0^m0035

Id. id. pendant laquelle elle agit à pleine pression . . . . . = 0^m453

L'aiguille indiquant.....	1	$\frac{2}{3}$	2	3	4	5	6
	km.		km.	km.	km.	km.	km.
Travail de la vapeur à pleine pression (kilogrammètres)..	2118.72	1433.11	1077.27	718.27	538.64	427.57	356.00
Travail pendant la détente(*id.*)	0	576.83	790.85	836.04	808.10	779.25	743.69
TOTAL du travail moteur..	2118.72	2009.94	1868.12	1554.31	1346.74	1206.82	1099.69
Travail résistant dû à l'échappement de la vapeur dans l'atmosphère, en supposant une pression de 1 atm. 25 derrière le piston (km).....	667.27	667.27	667.27	667.27	667.27	667.27	667.27
Effet utile (km).....	1451.45	1342.67	1200.85	887.64	679.47	539.61	432.42
Volume de vapeur dépensée par coup de piston (lit.)....	lit. 31.32	lit. 36.81	lit. 28.17	lit. 19.48	lit. 15.14	lit. 12.53	lit. 10.79
Effet utile par litre de vapeur (kilogrammètres).....	km. 28.28	km. 36.17	km. 42.61	km. 45.58	km. 44.87	km. 43.06	km. 40.

Comme on voit, la dépense de la vapeur peut être réduite dans ces machines dans le rapport de 5 à 1, et l'effet utile augmenté dans celui de 7 à 11. Nous n'avons pas tenu compte, dans le tableau ci-dessus, du travail résistant dû à la compression et au refoulement de la vapeur, parce qu'il est si faible qu'on peut le négliger sans inconvénient; comme d'ailleurs il reste le même pour tous les degrés de détente, les résultats relatifs restent les mêmes.

Le système de détente variable de Mayer a, sur celui de Cabry et de Stephenson, l'avantage :

1° Que les lumières extrêmes présentent toujours à la vapeur la même section, quelle que soit la fraction de la course du piston pendant laquelle la détente a lieu.

2° Que l'échappement s'effectue toujours sous le même angle.

3° Que le refoulement et la compression de la vapeur restent constants, quel que soit le degré de détente.

4° Enfin, que l'avance linéaire reste la même pour toutes les positions de l'aiguille.

En un mot, tous les inconvénients que nous avons signalés pour les machines à courses de

tiroir variables n'existent pas dans le système à tiroirs superposés de Mayer; toutefois, on peut lui reprocher l'emploi d'une chaîne à la Vaucanson et celui d'engrenages qui, sont sujets à des dérangements, à des réparations fréquentes; les deux tiroirs superposés directement développent d'ailleurs un frottement considérable qui, absorbe une portion notable de la puissance développée.

Nous aurons lieu de donner, en parlant de la consommation du combustible, les chiffres relatifs à la machine *Mulhouse*, relevés d'après les expériences de M. Petiet; on verra que, sur le chemin de la rive gauche, c'est elle qui a présenté les meilleurs résultats.

Détente variable de Gonzenbach. — Nous avons représenté (Fig. 18, Pl. 11) un dessin d'un système de détente variable tout à fait nouveau, dont nous devons la communication à l'obligeance si connue de M. Perdonnet. La disposition en est due à M. Gonzenbach, attaché au chemin de fer de Strasbourg à Bâle, où elle a été avantageusement appliquée.

Elle consiste à avoir, pour chaque cylindre, deux tiroirs superposés qui, se meuvent chacun dans une boîte à lumières spéciale, et qui sont commandés, l'un par l'excentrique de la marche en avant, et l'autre par celui de la marche en arrière.

M. Gonzenbach pare par là, en partie, à l'inconvénient des frottements considérables qui ont lieu dans les machines de Mayer, par suite de la superposition directe des deux tiroirs; il évite aussi l'emploi d'engrenages, ainsi que celui d'une chaîne à la Vaucanson, toujours sujette à se déranger. Le système jouit, du reste, de tous les avantages que nous avons reconnus aux locomotives de Mayer.

La disposition du mécanisme est fort ingénieuse : A, est le tiroir ordinaire; *e*, l'arbre de distribution qui le commande; K, une boîte de lumière additionnelle dont le fond, percé de deux orifices, fait couvercle pour la boîte F, sur laquelle elle est boulonnée; B, est le tiroir produisant la détente; I, un arbre de distribution spécial pour le tiroir B : il est terminé, à sa partie supérieure, par une coulisse A, embrassant une glissière G, fixée sur la tringle H qui guide le tiroir, et porte, à sa partie inférieure, un levier à tourillon *b* que vient saisir la barre de l'excentrique de la marche en arrière, quand celle de la marche en avant *d* embrasse le manneton e^3 de l'arbre *e;* D, est la barre de l'excentrique de la marche en arrière : elle est terminée par deux fourchettes placées l'une à la suite de l'autre, et tournant leurs ouvertures en sens contraire. Celle *f* s'embraye sur le tourillon F, celle *h* sur le manneton de l'arbre de distribution *e :* les deux fourchettes ne sont ja-

mais enclanchées en même temps; quand on se dirige en arrière, la fourchette *f* est désengrenée, et l'arbre I reste immobile. Il en résulte que la détente ne peut être utilisée pour la marche rétrograde; mais c'est là un faible inconvénient.

Dans la figure 18, Pl. 11, nous avons supposé l'embrayage de la marche en avant : on voit que, pour ce cas, il y a liaison intime entre les mouvements des deux arbres de distribution *e* et I; on ne peut désengrener l'un, sans en même temps déclancher l'autre. Les degrés de détente sont réglés par la position du bouton G dans la coulisse A : quand il est en G, la détente a lieu au tiers de la course du piston qui, est la limite supérieure; quand il est descendu en G', les fonctions du tiroir B deviennent nulles, la course qui lui reste ne lui permettant pas de couvrir les lumières de la boîte K, et la détente qui s'opère dans le cylindre n'est plus que le résultat du recouvrement extérieur du tiroir A.

Pour que le mécanicien puisse à volonté monter ou descendre le bouton G, la tringle H est liée par les leviers 1, 2, 3, à une tige K, venant à la portée du conducteur.

M. Gonzenbach est en instance pour obtenir un brevet pour son système, dans lequel il vient d'introduire quelques modifications importantes qui, en simplifient le mécanisme; nous regrettons

que cette circonstance ne nous permette pas de les signaler ici.

Après cette digression sur la théorie de la distribution et sur les machines à détente variable, nous allons continuer l'étude comparée des différents organes du mécanisme des machines Sharp et Roberts.

Pistons. — Les pistons de *la Rapide* se composent (Fig. 1 et Fig. 1_1, Pl. 6) de deux segments superposés, en bronze, ayant 0^m015 d'épaisseur sur 0^m045 de hauteur. Ils sont maintenus entre deux plateaux en fonte; celui inférieur est renflé au milieu, en forme de croisillon à quatre branches; le centre en est évidé, pour recevoir l'extrémité de la tige du piston qui, s'y fixe à l'aide d'une clavette, et les quatre oreilles sont taraudées, pour permettre le passage des boulons qui unissent les deux disques. Les segments, de même diamètre que les cylindres, sont fendus en un point de leur circonférence de manière à s'ouvrir et à s'opposer au passage de la vapeur; pour obvier d'ailleurs, d'une manière complète, aux inconvénients de l'usure provenant du frottement continuel, ils reçoivent à leur intérieur deux ressorts en acier qui agissent, par l'intermédiaire d'une vis, sur des coins en bronze, tendant constamment à écar-

ter les segments qui, sont épaulés à l'endroit des coins, pour leur donner une assise convenable. Il est arrivé quelquefois que les coins, en venant en contact avec les cylindres, en ont rayé les parois; cet inconvénient n'est pas à craindre si on prend la précaution de couper leurs vives-arêtes, comme le font Sharp et Roberts.

Quand on s'aperçoit qu'un piston donne passage à la vapeur, on démonte le couvercle du cylindre, on défait les quatre écrous qui fixent le plateau *a*, et on tend les ressorts à l'aide des vis *b*.

Les pistons des machines de Sharp et Roberts sont très-bons; ils donnent rarement lieu à des fuites de vapeur, et n'ont besoin d'être visités qu'à de longs intervalles.

Dans la machine *l'Eure-et-Loir*, livrée par les mêmes constructeurs au chemin de fer de Versailles (rive gauche), les segments sont en fonte, trempée extrêmement dure. Ils sont fendus par un trait de Jupiter, et fonctionnent fort bien, sans l'intermédiaire d'aucun ressort. Après un parcours de six mois, l'usure en était presque insensible. L'emploi du trait de Jupiter est fort ingénieux; il permet au segment de s'ouvrir en faisant couvre-joint.

Stephenson emploie des pistons d'un autre sys-

Digitized by Google

tème. Nous en avons rapporté un (Fig. 12 et Fig. 12_1, Pl. 11). Il est formé de trois segments en bronze, dont deux sont superposés, comme ceux de Sharp; le troisième est appliqué à leur pourtour intérieur; il sert à couvrir les joints et à transmettre la pression de quatre petits ressorts *r*, qui sont disposés à angle droit, et traversés au milieu par des vis qui, d'un côté, s'appliquent au renflement central, et, de l'autre, contre des oreilles *d* venues à la fonte, au couvercle *a*.

Ces pistons, plus compliqués que ceux de Sharp et Roberts, donnent lieu à des visites et à des réparations fréquentes; les vis sont sujettes à se desserrer facilement, et souvent les petits ressorts se cassent.

Tiges, crosses et glissières des pistons. — Les tiges des pistons sont en acier; elles sont cylindriques dans toute leur longueur visible; leur diamètre est de 0.044; à l'endroit où elles entrent dans le corps du piston, elles sont renflées en cône et sont percées d'un trou pour recevoir la clavette.

L'articulation de la bielle et du piston s'opère à l'aide d'un manchon de la forme d'un U (Fig. 3, Fig. 3_1 et Fig. 3_2, Pl. 6), qui est traversé par un arbre en fer de 0.057 de diamètre. La partie comprise entre les deux bras du manchon est em-

brassée par les coussinets de la petite tête de bielle; parallèlement à l'une des branches, est la douille qui vient saisir le plongeur de la pompe correspondante : elle est fixée par une vis de pression; enfin, aux deux extrémités de l'arbre, sont des coussinets se mouvant dans des glissières, destinées à guider le piston, suivant une ligne parfaitement horizontale.

Ces glissières se composent de deux règles en acier, supportées sur toute leur longueur par des consoles en bronze, boulonnées contre les longereaux intérieurs (Fig. 3, Pl. 5). Le bronze est ici préférable au fer, parce qu'il est moins susceptible aux attaques de l'huile rance. Dans l'espace compris entre les deux règles, glissent les coussinets qui, pour n'être point sujets à se déranger, portent des rebords à l'extérieur.

Dans les machines de Bury, ce sont les glissières qui sont embrassées par les coussinets. Nous préférons la disposition de Sharp et Roberts, parce que la poussière se dépose trop facilement sur la partie extérieure de la glissière, et qu'il peut en résulter des grippements pour les coussinets.

Les guides de *la Rapide* sont en fonte; ils seraient d'un meilleur usage en acier ou en bronze; la fonte est trop sujette à faire limaille.

Digitized by Google

Dans les machines de Stephenson et Hawthorn les glissières ne sont supportées qu'à leurs deux extrémités : d'un côté, ils se vissent à une traverse en fer formant entre-toise, de l'autre côté elles sont fixées à des oreilles venues aux couvercles intérieurs des cylindres; comme les glissières sont posées en porte-à-faux, on donne aux deux règles en acier, une épaisseur plus forte au milieu qu'aux extrémités.

Bielles. — Les assemblages des bielles des machines de Sharp et Roberts permettent, quelle que soit l'usure des coussinets, de conserver intacte la longueur de centre en centre, et c'est là une condition importante à remplir. En effet, les cylindres sont calculés de manière à n'avoir que la longueur nécessaire pour que le piston, à la fin de sa course, ne puisse venir frapper contre les couvercles, et la distance de centre en centre de la bielle est telle que, les obliquités qu'elle prend ne peuvent avoir d'influence trop sensible sur les mouvements du piston; si donc l'usure des coussinets devait avoir pour effet, soit d'augmenter, soit de diminuer cette longueur, il en résulterait ou que les couvercles des cylindres pourraient être brisés, ou que la régularité des mouvements des pistons pourrait être affectée.

Pour maintenir constant l'écartement des

centres, Sharp et Roberts font un assemblage différent pour la chappe qui embrasse les grands coussinets et celle qui est liée à la crosse du piston. La première reste toujours invariable dans sa position : des queues d'ironde *b*, fixées moitié dans le corps de la bielle et moitié dans la bride, empêchent qu'on ne puisse la faire monter ou descendre ; de plus, elle est traversée par une clavette *e* et une contre-clavette *f*; cette dernière est en contact avec le coussinet inférieur ; elle le fait remonter sous l'influence de la clavette *e*, au fur et à mesure de l'usure : son action tend à augmenter la distance des centres. Si donc l'autre extrémité de la bielle avait le même emmanchement, la longueur d'axe en axe pourrait, au bout d'un certain temps, se trouver sensiblement accrue. Pour que la distance reste invariable, il faut nécessairement que le jeu des clavettes de cette chappe ait pour effet de raccourcir la bielle de la quantité dont elle est augmentée à l'autre extrémité ; il faut par conséquent que la bride puisse descendre, au lieu de rester fixe comme celle de la grande tête : c'est ce qui a effectivement lieu.

L'assujettissement des chappes et le maintien des clavettes ont, avec raison, vivement préoccupé les constructeurs de *la Rapide ;* il n'est pas de précautions dont ils ne se soient entourés pour empêcher qu'aucune pièce de la bielle ne puisse se

détacher. Trois vis de pression s'opposent au glissement de la clavette de la grande tête, et une goupille transversale la maintient dans les chappes; la bride elle-même est fixée au corps de la bielle : d'une part, par les queues d'ironde, d'autre part, par un boulon taraudé *c*, serré par un écrou. Dans la petite chappe on remarque seulement des vis de pression *h*.

Les godets à huile *l* et *l'* servent au graissage des coussinets. Leur construction est simple. Ils se composent de petits cylindres, au centre desquels sont des tuyaux verticaux, renfermant des mèches de coton qui s'imbibent de l'huile dont elles sont entoureés, pour les transmettre peu à peu aux coussinets. Le godet de la grande chappe est en bronze; il y est fixé par quatre vis : celui de la petite tête est en fer ; il est forgé d'une seule pièce avec la bride, ce qui est très-solide.

Les bielles de Sharp et Roberts sont lourdes, elles pèsent quatre-vingts kilogrammes. Aussi, dans leurs premières locomotives, éprouvait-on des inégalités assez sensibles dans la marche, résultant des accélérations imprimées à la machine, à chaque révolution des roues, au moment de la descente simultanée des bielles et des coudes de l'arbre moteur. Ces irrégularités ont complétement disparu dans leurs dernières machines, par suite de l'addi-

Digitized by Google

tion de contre-poids, placés dans le bas des roues motrices, suivant la direction de la résultante des poids des deux coudes.

Le poids indiqué ci-dessus se décompose en :

	k
Corps de la bielle.	37.30
Grande chappe.	12.80
Grands coussinets en bronze. . . .	12.70
Petite chappe.	9.60
Petits coussinets.	1.50
Quatre clavettes et contre-clavettes, vis de pression et queues d'ironde. . .	5.40
Boulon avec écrou.	0.70
TOTAL	80.00

Stephenson, dans toutes ses machines actuelles, emploie un système de bielle tout à fait différent. Nous l'avons indiqué, Fig. 10, Fig. 10_1, Fig. 10_2, etc., etc., Pl. 11.

L'assemblage des deux têtes est identique, sauf les dimensions; l'usure des coussinets y conduit à un raccourcissement de la distance des centres. Dans ces bielles, on ne voit ni clavettes, ni contre-clavettes, ni vis de pression. Les chappes *a*, de section cylindrique (Fig. 10_3, Pl. 11), traversent les coussinets *b b' c c'*, percés de trous à cet effet (Fig. 10_1, Fig. 10_2, Fig. 10_3, Fig. 10_4), et reçoivent à leurs extrémités *f f*, qui sont taraudées, des écrous

à rochet *h*, en acier, que des cliquets *g* (Fig. 10_6 et Fig. 10_7) empêchent de se desserrer.

La disposition de ces bielles est simple. Leur mode d'assemblage présente beaucoup de sécurité : la perte de clavette, dont les conséquences sont si graves, n'y sont pas à redouter. Les écrous à rochet sont une heureuse application; il est à regretter, toutefois, que les cliquets, si utiles d'ailleurs, rendent si longue et si pénible l'opération du resserrement des coussinets. Ce n'est toutefois pas là le seul inconvénient qu'on ait à reprocher à ces bielles; leur entretien est coûteux, en raison de la disposition des coussinets qui sont lourds et d'un ajustage difficile. Il serait plus économique d'avoir des coussinets rapportés qu'on remplacerait à peu de frais. — Enfin, comme dernier inconvénient, nous signalerons la variation que produit, sur la longueur de centre en centre, l'usure des coussinets.

Les bielles de Stephenson ne pèsent que 66 kil. qui se répartissent ainsi :

	k
Corps de la bielle.	35.50
Poids des deux grands coussinets. . .	13.00
Id. des deux petits *id.*	4.00
Grande chappe.	6,50
Petite chappe.	4,00
Quatre écrous en acier, quatre goupilles et quatre rondelles.	3.00
TOTAL	66.00

Le principe des bielles de Hawthorn est le même que celui de Sharp et Roberts, il est seulement différemment appliqué.

On voit, en effet, en examinant la Fig. 5, Pl. 10, que la chappe de la grande tête est mobile, tandis que la petite est fixe; une clavette et une contre-clavette y font office des queues d'ironde des machines de Sharp et Roberts. L'assemblage de la grande tête est tel, que les clavettes agissent à la fois pour faire descendre la chappe et pour faire monter le coussinet intérieur: les deux clavettes sont vissées ensemble; l'une porte un taraudage et l'autre une douille. Un écrou et un contre-écrou permettent le serrage ou le desserrage graduel. Ce mode d'assujettissement des clavettes est loin de valoir celui à vis de pression : les faibles dimensions de la partie filetée, dont le diamètre est limité par l'épaisseur de la contre-clavette, l'exposent souvent à se rompre.

Les bielles des machines du chemin de fer de Rouen sont extrêmement simples : elles n'ont de chappes à aucune de leurs extrémités : la partie inférieure n'a même ni clavettes ni coussinets : elle est traversée directement par la tige en fer de la crosse du piston. Quant à la grande tête, elle porte un évidement dans lequel se logent deux coussinets en bronze que, maintiennent une clavette et une contre-clavette.

Digitized by Google

Les bielles des machines Sharp ont pour distance de centre en centre, sept fois la longueur de la manivelle correspondante. C'est un très-bon rapport. Dans *la Victorieuse* de Stephenson, il n'est que de 1 à 4 : il est évidemment trop faible. Dans les machines à parallélogrammes de Hawthorn, il est de 1 à 5; dans *la Ville-de-Turcoing* de Pauwels, il est de 1 à 6,5. Il est bon de prendre le plus grand rapport possible, parce que les frottements exercés sur les glissières pendant que les bielles sont inclinées, sont d'autant moins énergiques que la longueur des bielles est plus grande.

Dans le tableau suivant, nous avons résumé les dimensions principales des bielles des machines qui nous ont déjà servi dans nos comparaisons.

TABLEAU XII.

Dimensions des bielles de quelques locomotives.

Noms des constructeurs.....	Sharp.	Hawthorn	Cavé.	Mayer.	Creusot.	Stephenson.				Budicom.
Noms des machines.....	*Rapide.*	*Seine-et-Oise.*	*Gauloise.*	*Mulhouse.*	*Creusot*	*Victorieuse.*	*Monge.*	Détente variable.	Machine à marchandises.	Rouen.
Longueur de la bielle de centre en centre.	m. 1.429	m. 1.560	m. 1.370	m. 1.377	m. 1.410	m. 0.950	m. 1.519	m. 1.297	m. 1.297	m. 1.550
Rapport de cette distance au rayon de la manivelle du piston.....	6.16	5.96	5.58	5.98	6.21	4.12	6.64	5.12	5.12	5.75
Section de la bielle au milieu. ..(mètres).	0.075 / 0.050	0.085 / 0.057	0.065 / 0.065	0.086 / 0.029	0.065 / 0.050	0.077 / 0.077	0.051 / 0.025	0.055 / 0.025	0.055 / 0.025	0.084 / 0.041

Excentriques.— Les excentriques de *la Rapide* sont en fonte : c'est la matière avec laquelle on les fait généralement. Ceux de la marche en avant (Fig. 8, et Fig. 8_1, Pl. 6) sont fondus d'une seule pièce, ce qui est à la fois solide et économique. Leur position aux deux extrémités de l'arbre moteur a permis d'adopter cette disposition simple. Ils sont assujettis à l'aide d'une cale sur l'arbre coudé et sont fixés, par trois boulons taraudés, aux moyeux des grandes roues.

Les poulies des excentriques de la marche en arrière, se trouvant placées dans l'espace compris entre les deux manivelles, sont composées de deux parties, dont l'assemblage se fait (Fig. 9, et Fig. 9_1, Pl. 6) à l'aide de deux boulons à têtes noyées ; une vis de pression remplace la cale, et maintient chacune des parties dans une position invariable sur l'essieu.

Cet assemblage se trouve un peu modifié dans les machines de Stephenson et de Hawthorn. Une des parties de l'excentrique est évidée (Fig. 3 et Fig. 4, Pl. 10), et l'assujettissement se fait par deux vis de pression qui, au lieu d'être dirigées, comme dans *la Rapide*, suivant le grand rayon de la poulie, sont placées à droite et à gauche de ce rayon. Nous préférons la disposition de Sharp et Roberts, parce que la vis ne peut ni se perdre ni se desserrer : elle est emprisonnée dans la poulie par une partie rapportée. Les excentriques de

Stephenson et de Hawthorn ne présentent pas autant de sécurité : il est arrivé plusieurs fois que les poulies soient devenues folles sur l'arbre, par suite du desserrement des vis, et que la distribution se soit déréglée en marche.

Sharp et Roberts, pour prévenir toutes les éventualités, relient les deux poulies des excentriques de la marche en arrière par un boulon d'écartement qui porte en son milieu un segment en fer, à l'aide duquel il s'appuie sur l'essieu moteur.

Dans les machines de Rouen, l'arbre des grandes roues étant droit, les quatre excentriques sont fondus d'une seule pièce.

Les courses des excentriques varient généralement entre 0.075 et 0.115, et le diamètre des poulies entre 0.280 et 0.310.

Colliers et fourchettes d'excentriques. — Les colliers des excentriques de *la Rapide* (Fig. 8 et Fig. 8_1, Fig. 9 et Fig. 9_1, Pl. 6) sont en fer et sont forgés avec les barres des fourchettes. Ils se composent de deux parties qui, s'assemblent par des boulons taraudés, serrés par des écrous et des contre-écrous. Ce sont des pièces parfaitement exécutées. Jusqu'ici les colliers des excentriques

étaient en bronze et se cassaient assez fréquemment; c'est pour cette raison que Sharp et Roberts, ont essayé de les faire en fer : ils ont fort bien réussi. Le frottement de fer sur fonte est d'ailleurs très-doux.

Les colliers des excentriques des machines de Stephenson, Hawthorn et Pauwels, sont tout différemment disposés. Les colliers sont en bronze, et forment des anneaux circulaires parfaitement distincts des barres des fourchettes; celles-ci, sont terminées par deux branches (Fig. 3, Fig. 4, Pl. 10) dont les extrémités *b b* sont taraudées et traversent les colliers, qu'ils relient ensemble par deux écrous. Cette disposition présente moins de sécurité que celle adoptée par Sharp et Roberts. Le taraudage affaiblit les barres des excentriques; de plus, les colliers sont difficiles à tourner et susceptibles de se casser.

Le réglage du tiroir est d'ailleurs plus pénible et moins certain dans ces machines que dans celles de Sharp et Roberts : en effet, l'opération consiste, à placer le tiroir, quand la manivelle est horizontale, dans la position correspondante à l'avance indiquée par l'excentrique, et à limiter la longueur de la tige qui le guide. Dans *la Rapide*, cette tige étant filetée (Fig. 5 et Fig. 5_1, Pl. 6), et passant au travers d'une douille, se manœuvre très-facilement par un écrou et un contre-

écrou qui, sont placés à la portée du mécanicien; dans les locomitives de Stephenson et Hawthorn, les tiges des coquilles sont fixes au contraire (Fig. 11 et Fig. 11_1, Pl. 11), et pour régler le tiroir, il faut visser ou dévisser les écrous qui embrassent les branches *b b* des fourchettes (Fig. 3, Pl. 10), ce qui est long et pénible; cette disposition entraîne du reste à plus de tâtonnements, parce qu'il faut opérer sur deux vis, pour ne produire en définitive qu'un seul mouvement sur le tiroir.

Les fourchettes des barres sont toujours en acier; leur longueur, du centre de l'encoche à celui du collier des excentriques, a pour mesure la distance du centre de l'essieu coudé au milieu de l'arbre de distribution, et l'ouverture des deux branches est telle, que jamais une fourchette débrayée ne puisse rencontrer l'arbre de distribution ou en être rencontrée.

Arbres de distribution. — Les arbres de distribution de *la Rapide* sont en fer (Fig. 4 et Fig. 4_1, Pl. 6); ils sont forgés d'une seule et même pièce. Les deux leviers e^3 e^3 transmettent le mouvement au tiroir, et les leviers e^2 e^2 servent, l'un à l'enclanchement d'une des fourchettes de la marche en avant, et l'autre à celui d'une des fourchettes

de la marche en arrière; les leviers e^2 et e^3 ne sont pas de même longueur : les premiers ont $0^m,136$ les seconds $0^m,163$; cette disposition a pour but d'augmenter la course des tiroirs.

Les tourillons des arbres de distribution sont sujets à s'user assez rapidement; quand les frottements ont produit une diminution de diamètre, les fourchettes prennent du jeu, et les mouvements des excentriques ne se transmettent qu'imparfaitement. Dans les machines de Sharp, on ne peut remédier à cet inconvénient. Dans les machines de Stephenson, au contraire, rien n'est plus facile : ces tourillons sont en effet embrassés par des anneaux en acier, qu'on renouvelle sans difficulté et à peu de frais quand il est nécessaire. Ces anneaux ont du reste un autre avantage : comme ils sont mobiles, ils facilitent beaucoup l'embrayement des fourchettes. C'est une disposition à imiter.

Nous avons représenté (Fig. 9 et Fig. 9_1) l'arbre de distribution des nouvelles locomotives de Stephenson, et (Fig. 15 et 15_1) celui des machines de Hawthorn. Ce dernier a cela de particulier que le levier supérieur agit directement sur la tige du tiroir : qui, est évidée pour recevoir la partie *f*; formée de deux arcs de cercle : s'appliquant contre deux portions convexes. Il est difficile

avec cet assemblage de parer à l'usure des parties frottantes.

Levier de changement de marche. — Le levier de changement de marche des anciennes machines de Sharp et Roberts était disposé d'une manière vicieuse : on ne pouvait le mettre au point mort, et pour embrayer les fourchettes de la marche en arrière, il fallait lui faire décrire un grand arc de cercle et l'amener jusqu'au niveau de la plate-forme du mécanicien; là il était retenu par une pédale à ressort qui n'était pas sans danger : il suffisait, en effet, d'un mouvement involontaire pour dégager le levier qui, sollicité par les fourchettes de la marche en avant, se relevait avec force. Un conducteur du chemin de la rive gauche a été blessé ainsi fort grièvement.

Dans *la Rapide*, ces inconvénients ont disparu. Le levier de changement de marche n'a qu'une course limitée; il glisse entre deux segments en fer, et peut être fixé au point mort. La pédale est supprimée et remplacée par un verrou disposé d'une manière fort ingénieuse. Nous l'avons représenté, Fig. 11, Fig. 11_1, Fig. 11_2, Fig. 11_3 et Fig. 11_4, Pl. 6. Il se compose d'une pièce *h*, mobile autour d'un boulon *c* portant, à son extrémité *d*, une tringle en fer *a* qui, se fixe dans des encoches pratiquées dans le segment *g'*, et s'appuyant par l'ex-

trémité *e*, contre un ressort *h*, fixé sur la poignée du levier. En saisissant le levier, on appuie sur la branche *e*, la pièce *d c* oscille autour du boulon *c*, et le levier est dégagé.

Stephenson, dans ses machines à détente variable, emploie aussi un verrou, pour fixer le levier de changement de marche, mais il est moins commode que celui de *la Rapide*. Cela tient à ce que la poignée du levier est retournée, et que celle de la tige *a* lui est parallèle : il arrive par suite de cette disposition que les doigts se trouvent souvent pris entre les deux.

Boîte à huile. — Les différents organes du mécanisme que nous venons de décrire, étant soumis pendant la marche à des frottements continuels, il est indispensable de les humecter constamment d'huile. Pour que le graissage se fasse uniformément, Sharp et Roberts disposent de chaque côté de la chaudière une boîte à huile (Fig. 9 et Fig. 9₁, Pl. 7) d'où partent sept tubes en cuivre rouge qui aboutissent aux différentes pièces de la distribution. Cette boîte se compose de sept godets ; dans l'intérieur de chacun d'eux est un petit tube embrassant une mèche de coton qui, s'imbibe dans l'huile qui l'entoure; au-dessous, se trouvent des robinets correspondants qu'on ouvre au moment

du départ, et qui permettent l'écoulement de la matière grasse.

Au chemin de fer de Versailles (rive gauche), ces boîtes ont donné de bons résultats; on les a supprimées dans quelques autres chemins.

Robinets purgeurs. — Il arrive souvent que la vapeur qui entre dans les cylindres soit mélangée d'eau : comme elle est incompressible, elle oppose de la résistance à la marche des pistons. Souvent aussi la présence de l'eau est due à la condensation de la vapeur qui, est très-sensible quand une machine est restée quelques heures en stationnement. Dans l'un comme dans l'autre cas, il est important de s'en débarrasser. Aussi les cylindres portent-ils, à cet effet, à leur partie inférieure (Fig. 1, Pl. 1) deux robinets q' q', dits purgeurs, par lesquels l'eau condensée peut se rendre au dehors. Ces robinets sont en bronze; ils se composent (Fig. 11 et Fig. 11_1, Pl. 7) d'une tige droite, filetée à sa partie supérieure, et d'une partie sphérique où se trouve le boisseau; la longueur de la tige est égale à la distance de la paroi intérieure du cylindre au-dessus de la partie inférieure de la boîte à fumée; l'intérieur en est évidé, et la vapeur a issue par la petite ouverture indiquée Fig. 11_1. Les quatre robinets sont liés deux à deux, dans le sens transversal, par deux tringles en fer;

dans le sens longitudinal, la liaison est opérée par deux leviers qui sont en communication avec une petite manivelle calée sur un arbre placé au-dessous de la boîte à fumée et auquel le mécanicien imprime le mouvement, à l'aide de la tringle à poignée *q*, qu'il attire à lui, quand il veut purger les cylindres.

Dans les locomotives à détente variable de Stephenson, il n'y a qu'un seul robinet; il est placé sous la boîte des lumières, il en résulte que les cylindres ne peuvent être purgés : c'est là, selon nous, un inconvénient.

TROISIÈME PARTIE.

DU TRAIN.

Châssis. — Dans toutes les machines locomotives, les chaudières sont fixées à un châssis qui, par l'intermédiaire de ressorts, transmet le poids de l'appareil aux essieux des roues, pour développer l'adhérence, c'est-à-dire le frottement de glissement nécessaire au mouvement de la machine.

Sharp et Roberts ont donné aux châssis de leurs locomotives une forme particulière; pour éviter l'inconvénient des cadres droits, dans lesquels les plaques de garde des petites roues sont rapportées et très-longues, ils l'ont ondulé suivant la hauteur de chaque essieu, de telle sorte que, toutes les plaques de garde sont de même hauteur et décou-

Digitized by Google

pées avec le châssis même, ce qui présente beaucoup de solidité. Cette disposition facilite du reste l'accès du mécanisme de distribution, et permet de limiter naturellement le mouvement des boîtes à graisse qui, n'ont que le jeu nécessaire à la flexion des ressorts. Quant au châssis lui-même, il consiste en deux brancards T, en bois de chêne, recouverts des deux côtés, par des plaques de tôle reliées par des boulons rivés et en une traverse X (Fig. 1, Pl. 1, et Fig. 1, Pl. 5), avec laquelle les brancards sont assemblés à tenons et mortaises. La chaudière y est fixée par trois supports S (Fig. 1, Pl. 1, Fig. 1 et Fig. 2, Pl. 2) placés à droite et à gauche de la machine : deux se trouvent adaptés à la boîte à fumée ; le troisième, à la boîte à feu. La partie cylindrique n'a pas de soutien spécial, parce que, vu sa faible longueur, elle se trouve suffisamment maintenue par ses deux extrémités.

Les plaques de garde sont très-bien étudiées dans les bâtis de Sharp et Roberts : on y a remédié, d'une manière fort simple, à un inconvénient assez grave qu'on avait remarqué dans certaines locomotives ; il existe en effet, en raison des mouvements verticaux dont le châssis est doué, et en vertu du jeu des ressorts, un frottement continuel entre les parois des coussinets et celles des plaques dans lesquelles ils glissent ; si donc les coussinets sont appliqués directement sur les faces des guides,

comme cela a lieu dans un grand nombre de locomotives, ce frottement détermine à la longue un élargissement sensible de l'ouverture des plaques, et donne naissance, dans le sens horizontal, à des chocs qui fatiguent et détériorent les châssis, au point de nécessiter le remplacement des plaques de garde. Sharp et Roberts, pour prévenir ces effets, placent entre les joints parallèles des deux plaques d'une même boîte, des glissoirs en fonte coulés très-durs, qui font saillie à l'intérieur et qui supportent seuls les frottements. Avec cette disposition, après deux ans de service, nous n'avons pas trouvé la moindre trace d'usure.

Les châssis des machines de Sharp et Roberts sont placés à l'extérieur des roues; toutes les locomotives de Bury et les machines à détente variable de Stephenson sont à châssis intérieurs, qui sont très-économiques. « La question de supériorité entre les deux systèmes, écrit M. Petiet à l'occasion du procès intenté à la suite de la catastrophe du 8 mai 1842, est encore un problème à résoudre.

Le motif de préférence mis en avant par M. Bury pour les châssis intérieurs, est que, dans le cas de rupture des essieux, le poids de la machine appuie les rebords des roues contre les rails, et qu'il y a peu de chances de sortie de la voie. Il a fait une expérience à ce sujet sur le chemin de fer de Londres à Birmingham, en parcourant sans

accident une distance assez grande avec un essieu brisé.

Les partisans du système contraire disent que, quand une rupture se déclare à un essieu de devant de la locomotive ayant les cadres extérieurs, le poids de la machine tend à faire tomber les roues à l'intérieur de la voie; elles roulent alors sur le sable, mais ne peuvent se dévier, parce qu'elles sont guidées par chaque rail. On a le temps d'arrêter le convoi, et en général sans accident.

Les châssis intérieurs présentent d'ailleurs un autre inconvénient bien plus grave, qui s'est manifesté sur le chemin de Londres à Birmingham. La cassure de l'essieu a eu lieu au ras du moyeu d'une des roues, en dehors du collet, de manière que la roue est immédiatement tombée, ce qui n'aurait pas eu lieu avec un châssis extérieur. »

Le graissage et la visite des essieux sont toujours plus difficiles dans les machines à cadre intérieur que dans celles à châssis extérieur. Ainsi, en marche, dans les locomotives de ce dernier système, pour reconnaître si une fusée chauffe, il suffit de toucher la paroi extérieure de la boîte à graisse, dont la température sera d'autant plus élevée que les frottemens auront été plus grands; dans les machines à châssis intérieur, pour s'assurer du même fait, il faut passer au-dessous de la machine, ce qui est long et pénible; aussi

les mécaniciens se dispensent-ils souvent de prendre cette précaution importante.

Les châssis intérieurs ont de plus cet autre inconvénient, que les boîtes à graisse n'y sont embrassées que par une plaque de garde simple, d'une faible largeur qui, agissant directement, sans l'intermédiaire de glissières, produit les déformations que nous avons signalées plus haut; enfin, le mode de suspension de ces machines est toujours plus imparfait que celui des locomotives à cadre extérieur, parce que le bâtis s'y trouvant trop rapproché des parois de la chaudière, on n'a pas un espace suffisant pour loger les ressorts d'une manière convenable. Ainsi, dans les locomotives à détente variable de Stephenson, les ressorts des roues de derrière se trouvent en partie encastrés dans les douves qui recouvrent la boîte à feu, et le jeu qu'ils peuvent prendre est très-limité.

Ressorts. — Les ressorts sont destinés, comme nous l'avons vu, à suspendre le châssis pour reporter le poids de tout l'appareil sur les essieux, c'est-à-dire pour former les points d'appui de la machine sur les rails. Ils se composent de feuilles d'acier superposées, d'inégales longueurs, réunies ensemble en leur milieu par un cadre en fer qui est terminé par une tige reportant le poids du châssis, de la chaudière, etc., etc., sur la boîte à

graisse; leurs extrémités sont embrassées par des brides, fixées au châssis par des boulons, autour desquels ils peuvent osciller. Pour établir une liaison complète entre les lames et empêcher tout mouvement dans le sens horizontal, leurs extrémités sont munies d'un petit ressaut en fer qui, emprisonné dans une échancrure faite dans la feuille suivante, s'oppose à tout dérangement. (Fig. 82, Pl. 7.)

Le nombre des feuilles varie avec l'effet à transmettre. Ainsi, comme dans la répartition du poids, les roues motrices se trouvent être plus chargées que les roues de devant, et celles-ci plus que celles de derrière, les ressorts correspondants ont dix-sept feuilles, quinze feuilles et douze feuilles.

Dans les premières locomotives de Sharp et Roberts, les brides des ressorts étaient fixes : il en résultait cet inconvénient, qu'on ne pouvait à volonté charger plus ou moins une roue. Pour y parer, les constructeurs de *la Rapide*, ont fait en deux parties les brides des ressorts des roues motrices et celles des roues de devant: ils les ont réunies par un boulon fileté en deux sens, qu'il suffit de faire tourner d'un côté ou de l'autre pour répartir différemment la charge. Cette disposition est à imiter: elle facilite beaucoup l'opération qu'on a à faire dans le montage d'une machine,

pour déterminer la hauteur du châssis qui, généralement doit être réglée de telle sorte que l'axe de la tige du piston vienne passer par le centre de l'essieu moteur.

Dans les machines de Sharp et Roberts, les ressorts des roues motrices et des roues de devant sont placés à l'extérieur du châssis : il en résulte qu'en marche, le mécanicien circule difficilement sur le cadre de la machine.

Stephenson a adopté, dans quelques-unes de ses locomotives à cadre extérieur, une disposition de ressorts bien préférable.

La charge sur l'essieu moteur est répartie à l'aide de quatre ressorts : deux sont fixés sur des traverses intérieures, les deux autres sont placés au-dessous des boîtes à graisse; les extrémités de ces derniers sont embrassées par des étriers à tiges taraudées qui traversent le châssis, avec lequel ils se boulonnent au moyen d'écrous à rochets que, des cliquets empêchent de se desserrer.

L'essieu de devant et celui de derrière sont pressés par des ressorts en pincette, composés chacun de deux ressorts de douze feuilles se présentant leur concavité et assemblés en forme de charnière à l'aide d'un boulon. Le ressort inférieur est fixé à la boîte à graisse, et celui supérieur est lié au châssis par une tige filetée qu'on peut faire monter ou descendre à l'aide d'un écrou à rochet.

La disposition des ressorts, dont nous venons de parler, a sur celle de Sharp et Roberts l'avantage de laisser la partie supérieure du châssis parfaitement libre, de répartir plus uniformément la charge sur l'essieu moteur et de permettre de presser les roues de derrière : sous tous ces rapports elle mérite de servir de modèle.

Dans les machines à détente variable de Stephenson le mode de suspension est loin d'être aussi bon : les extrémités des ressorts, au lieu d'être embrassées par des brides ou étriers, sont directement traversées par des tiges taraudées qui passent par des trous découpés dans les feuilles : il en résulte que les ressorts sont affaiblis dans la proportion de la section qui leur est enlevée, section que les chocs continuels tendent à augmenter de plus en plus.

Dans les machines du chemin de Rouen, les ressorts de derrière ont une disposition particulière qui rend la machine fort douce : les extrémités du ressort, au lieu de s'appliquer directement contre les châssis, sont embrassées par une main en cuir qui passe dans un bras en fer, fixé au-dessous du brancard, de manière que le ressort se trouve lui-même suspendu.

Dans les machines de Mayer, on peut, pendant

la marche, décharger à volonté les roues de derrière pour charger davantage les roues motrices; cette disposition permet de parer au patinement des roues qui a lieu quand les rails sont mouillés.

Centre de gravité. — La répartition du poids de la machine sur les essieux, dépend de la position du centre de gravité de la chaudière, portant mécanisme et accessoires. Dans *la Rapide*, il tombe à peu près au tiers de la distance qui sépare l'essieu coudé de l'essieu de devant : en effet, l'écartement des deux essieux est de 1^m83, et le centre de gravité passe à 0^m545 de l'axe de l'arbre coudé. L'expérience a été faite, en détachant les ressorts de la machine, en la soulevant par des crics et en plaçant sous le châssis deux poteaux terminés en couteau, qui ont été avancés ou reculés, jusqu'à ce que la machine se soit trouvée en équilibre.

M. Petiet, chargé de défendre les intérêts de la compagnie du chemin de fer de Versailles (rive gauche), à la suite de l'accident du 8 mai 1842, a fait quelques expériences intéressantes sur la position du centre de gravité dans les machines à six roues et celles à quatre roues. Nous pensons qu'on ne lira pas sans intérêt les développements qu'il a présentés à ce sujet, parce qu'ils détruisent l'opinion erronée qu'on s'était généralement for-

mée sur les machines à quatre roues, qu'on regardait comme présentant plus de danger que celles à six roues, dans le cas de rupture de l'essieu de devant :

« Dans presque toutes les locomotives, soit à quatre, soit à six roues, le centre de gravité des chaudières avec leurs mécanisme, châssis et accessoires est placé d'une manière identique par rapport aux essieux de devant, c'est-à-dire que ce centre de gravité tombe en général au tiers de la distance qui sépare l'essieu coudé de l'essieu de devant. Il en résulte que, quand il n'y a que deux essieux, les deux tiers du poids de la machine reposent sur l'essieu coudé, et un tiers seulement sur l'essieu de devant. Lorsqu'on a ajouté un troisième essieu derrière la boîte à feu de la machine, on n'a pas changé la position du centre de gravité, par rapport aux deux essieux de devant. Ainsi, en même temps qu'on donnait plus de longueur à la boîte à feu, on augmentait les dimensions et les poids des cylindres et des distributions. On aurait pu avancer l'essieu coudé vers le devant de la machine, afin de le rapprocher du centre de gravité, et mieux répartir le poids sur les roues; mais on ne l'a pas fait, pour maintenir une assez grande longueur aux bielles. Il en résulte que les machines à six roues sont de véritables machines à quatre roues, auxquelles on a simplement ajouté à l'arrière un troisième essieu. Le

centre de gravité est placé comme dans les machines à quatre roues. Le tableau suivant présente les données et les résultats des expériences qui ont été faites pour le prouver.

Noms des machines	*Jackson.*	*Seine.*	*Rapide.*
Noms des constructeurs	Jackson.	Hawthorn.	Sharp.
Nombre de roues	4	6	6
	m.	m.	m.
Diamètre des cylindres	0.280	0.305	0.550
Distance horizontale des essieux de devant	1.535	1.557	1.850
Distance du centre de gravité à l'essieu coudé	0.450	0.494	0.545
Distance du centre de gravité à l'essieu coudé, la distance entière étant supposée de 100	29 p. 0/0	32 p. 0/0	30 p. 0/0
Poids approximatif des machines sans les roues	7500	9000k	10500k
Poids sur l'axe de devant en ne supposant que deux essieux	2175	2880	3150
Poids sur l'axe coudé	5325	6120	7350
Poids approximatif de la paire de roues antérieures	600	750	750
Poids approximatif de la paire de roues motrices	1600	1800	2000
Poids total sur les roues de devant	2775	3630	3900
Poids total sur les roues motrices	6925	7920	9350
Poids total	9700	11550	13250
Roues de derrière	.....	750	750
Poids total des machines avec 6 roues	.....	12300	14000

« On voit que, pour les fortes machines avec cylindres de 0^m330, le poids sur les roues motrices devenait trop considérable et pouvait fatiguer la voie ; c'est pour remédier à cet inconvénient qu'on a ajouté à l'arrière une troisième paire de roues.

Nous expliquerons son influence sur la répartition du poids. Faisons remarquer, quant à présent, que le centre de gravité est plus en avant dans les deux machines à six roues expérimentées que dans celle à quatre roues, et qu'en les supposant toutes dans la même position, c'est-à-dire portées par quatre roues, elles auraient plus de tendance à basculer sur l'avant que la locomotive *Jackson.*

« En ajoutant un troisième essieu, on soulage l'essieu coudé d'un certain poids qui est reporté sur les deux essieux extrêmes, en raison inverse de leur distance à l'essieu coudé. Ainsi, pour la machine *la Seine*, il y avait sur son essieu coudé un poids de 6120 kilogrammes; la distance de l'essieu coudé à l'essieu de derrière est de $1^{m}50$; cette distance à l'essieu de devant est de $1^{m}56$; la distance totale des essieux extrêmes est $3^{m}06$. Si on enlève 2000 kilogrammes sur l'essieu coudé, ce poids se répartira :

$$\text{Sur l'essieu de derrière, } 2000 \times \frac{1,56}{3,06} = 1020^{k}$$

$$\text{Sur l'essieu de devant, } 2000 \times \frac{1,50}{3,00} = 980^{k}$$

Le poids sur l'essieu de devant est donc de :

	2880 + 980 = 3860^{k}	et sur les roues	4610^{k}
Sur l'essieu coudé, 6120 — 2000 =	4120	*id.*	5920
Sur l'essieu de derrière,	1020	*id.*	1770
	9000^{k}		12300^{k}

« Ainsi les roues de devant des machines à six roues sont d'autant plus chargées que l'on fait porter du poids sur l'essieu de l'arrière pour décharger les roues motrices. L'essieu de devant des machines à six roues est toujours fatigué. »

Nous devons ajouter toutefois que, dans les machines de Stephenson à détente variable qui, ont été importées depuis le triste événement du 8 mai, le centre de gravité se trouve entre l'essieu coudé et celui de derrière, et qu'il faut un poids de 700 kilogrammes placé à l'extrémité du châssis pour le maintenir horizontal, quand les roues de devant et de derrière sont ôtées.

Longereaux. — Sharp et Roberts, dans le triple but de lier ensemble la boîte à feu avec la boîte à fumée, de supporter en plusieurs points l'essieu coudé et d'avoir des points d'appui pour les glissières des pistons et les supports des différents organes du mécanisme, disposent entre les deux brancards du cadre extérieur 4 longereaux en fer *h h*, *h' h'* (Fig. 1, Pl. 5), qui ont une hauteur de $0^{m}225$ sur 0,008 d'épaisseur. Ceux du milieu *h' h'* sont disposés, comme on peut le voir fig. 4 et fig. 4_1, pour recevoir des coussinets en bronze, dans lesquels tourne l'essieu coudé; ceux extrêmes embrassent simplement cet arbre, sans le toucher. La figure 3 donne le détail d'un de ces lon-

gereaux, ainsi que le mode d'assemblage de toutes les pièces qui y sont fixés.

La disposition des coussinets intérieurs n'est pas à imiter ; elle ne permet pas de parer aux frottements que déterminent les efforts latéraux, auxquels est soumis l'essieu coudé. Jackson a mieux combiné l'assemblage de ces coussinets, comme on peut le voir Fig. 7 et Fig. 7_1 : leur jonction se fait suivant une ligne verticale, et ils peuvent être rapprochés à l'aide de coins en fer qui, taraudés à leurs parties inférieures, se manœuvrent avec facilité au moyen d'écrous.

Dans les machines de Stephenson, à cadres extérieurs, il n'y a que deux longereaux intérieurs ; ils n'ont que la moitié de la longueur qui existe entre la boîte à fumée et celle à feu, et se fixent à une entretoise en fer.

Dans les locomotives à cadres intérieurs du même constructeur les longereaux sont complétement supprimés, et l'essieu coudé n'est maintenu qu'à ses deux extrémités.

Dans les machines de Hawthorn, on remarque également l'absence de toute traverse intérieure ; la chaudière porte toutefois, une sorte de plaque de garde à coussinets en bronze qui, embrasse l'arbre moteur. Nous préférons la disposition de

Sharp et Roberts parce que la rupture de l'essieu coudé ne peut y avoir aucune gravité : il reste forcément maintenu par ses coussinets intermédiaires, et c'est là une grande sécurité.

Entretoises. — Pour maintenir l'écartement du châssis et celui des longereaux, deux entretoises en fonte *l''* *l''* et *l'*, sont boulonnées contre les brancards du cadre extérieur et les deux grandes traverses intérieures. Elles sont représentées en détail Fig. 2, Pl. 5. Les entretoises sont destinées, en outre, à supporter les bielles, et les barres des excentriques, dans le cas où elles viendraient à se détacher par l'une de leurs extrémités ; elles ne peuvent, de cette manière, se mettre en arc-boutant sur la voie.

Roues. — Les machines de Sharp et Roberts sont à six roues : celles du milieu ont $1^{m}67$ de diamètre, celles extrêmes ont $1^{m}05$; dans des locomotives postérieures à *la Rapide*, ces dimensions ont été dépassées : ainsi les grandes roues des machines de Stephenson ont $1^{m}70$, celles de Mayer $1^{m}877$, et les petites roues correspondantes ont $1^{m}102$ et $1^{m}36$. L'augmentation de diamètre donnée aux roues motrices a pour but d'accroître la vitesse de marche, celle

donnée aux petites roues, de ménager la voie, qui est d'autant plus fatiguée que le rayon en est plus petit. Dans les machines à marchandises, les roues motrices n'ont que $1^{m}36$ à $1^{m}39$; nous avons expliqué dans la 1re partie les raisons de cette différence.

Dans l'origine des chemins de fer, les locomotives n'avaient que quatre roues; elles ont été interdites en France à la suite de l'accident du 8 mai. Elles ont l'inconvénient d'être soumises, par l'action des pistons et des bielles, à un mouvement d'oscillation verticale qui les fait galoper. Stephenson est le premier qui a placé à l'arrière des machines une troisième paire de roues : son but a été de pouvoir augmenter la puissance de ses locomotives, sans trop surcharger l'essieu coudé et sans trop fatiguer la voie.

Les roues de *la Rapide* sont entièrement en fer forgé, à l'exception du moyeu qui est en fonte. Elles se composent de deux jantes en fer : celle extérieure porte un rebord, pour maintenir la machine sur les rails, et celle intérieure est soudée avec les bras. La construction de ces roues mérite quelques détails.

Pour que la soudure des bras avec le bandage intérieur puisse se faire d'une manière complète et facile, on forme cette jante par portions. A cet effet, on prépare autant de morceaux de fer plat

qu'il doit y avoir de bras, en leur donnant la forme en biseau indiquée Fig. 6,, Pl. 7; on forge en même temps les raies, qui n'ont rien de particulier, si ce n'est qu'on pratique des entailles à l'extrémité qui doit être noyée dans la fonte, pour donner à celle-ci plus de prise (Fig. 6, Pl. 7).

Quand ces préparatifs sont faits, on procède à l'opération du soudage : elle consiste à poser successivement toutes les portions de jante chauffées au rouge cerise, sur une matrice en fonte ayant la courbure convenable, et à appliquer en leur milieu le bras correspondants ; on forme ainsi autant de T que la roue doit avoir de rayons. On dispose ensuite toutes ces pièces sur un cercle en fer, d'un diamètre égal à celui que doit avoir le bandage intérieur, on les y fixe à l'aide de brides en fer boulonnées, on adapte au centre le modèle en bois du moyeu et on envoie la roue à la fonderie pour opérer le coulage. Une précaution importante à prendre, consiste à donner au moyeu brut une largeur de huit à dix centimètres au-dessus de celle qu'il doit réellement avoir ; il se produit en effet souvent, à la partie supérieure de la fonte, des soufflures qu'on ne peut enlever au tour, qu'autant qu'on peut disposer d'une épaisseur suffisante.

Quand le coulage est fait, on reporte le tout à la forge, on ôte les brides, et on s'occupe de la réunion de toutes les portions de jante ; à

cet effet, on les chauffe deux à deux au rouge, et on soude, entre deux portions consécutives, des triangles en fer, comme nous l'avons indiqué Fig. 6,, Pl. 7. On forme ainsi le cercle intérieur qu'on tourne ensuite avec beaucoup de soin.

Le forgeage du cercle extérieur est bien plus simple. On prend une barre de fer, laminée à l'avance avec un rebord, on la coupe d'une longueur égale à la circonférence développée de la roue, on la chauffe au rouge cerise et on l'applique contre un mandrin en fonte, dont le diamètre est inférieur de quelques millimètres, à celui du bandage intérieur. Quand la barre ainsi enroulée est refroidie, on soude ensemble ses deux extrémités, puis on le tourne à l'intérieur, en ayant soin de lui conserver un diamètre un peu plus petit que celui de la jante sur laquelle il doit s'appliquer : la raison en est facile à saisir, la superposition des deux cercles se fait à chaud, le bandage à rebord se dilate par suite de l'élévation de température, d'une quantité correspondante au rétrécissement primitif, et quand il est refroidi il s'applique avec force, en raison du retrait, contre le cercle intérieur.

Le cerclage de la jante à rebord demande quelques précautions. Quand, par suite d'un trop grand rétrécissement donné au diamètre intérieur, une première chaude ne suffit pas pour l'emmancher sur le cercle des raies, on le porte

de nouveau au rouge cerise, on l'applique contre un mandrin composé de deux segments qu'on écarte avec force à l'aide de coins, on le laisse ensuite refroidir, on chasse les coins, on retire le mandrin, et on essaie de nouveau la superposition à chaud. Il est rare qu'on ait besoin de recourir à une troisième chaude. Si l'opération a réussi, on procède à l'assemblage des deux jantes, qui se fait à l'aide de rivets à têtes fraisées, placés à chaud; on cale ensuite la roue sur son essieu et on tourne le cercle à rebord, en lui donnant une certaine inclinaison, pour remédier aux inconvénients qui résultent, au passage des courbes, de la fixité des roues sur les essieux.

Le poids des roues motrices des machines de Sharp est de 680 kil. Le cercle à boudin pèse à lui seul 250 kil. Le poids des petites roues est de 300 kil. Celui de la jante à rebord est de 150 kil.

Stephenson, pour diminuer les frottements qui se produisent dans le parcours des parties courbes des chemins, supprime dans les roues motrices le rebord de la jante extérieure. Le mode de construction de ses roues est tout différent de celui des machines de Sharp et Roberts. Dans quelques unes de ses locomotives, les raies ainsi que la première jante sont en fonte creuse, ce qui est très-économique; dans d'autres, les bras sont en fer

creux, la jante en fonte, le cercle extérieur en fer, et le moyeu en fonte; dans ses dernières, enfin, à détente variable, il emploie pour la composition des bras et du cercle intérieur, du fer à cornières, recourbé sur mandrin, ce qui fait très-bon effet.

Dans les machines de Hawthorn les roues sont construites comme celles de *la Rapide*, à l'exception toutefois que, les raies ne sont pas soudés avec le premier cercle : ils sont terminés par une embase et se fixent par deux rivets sur la jante intérieure. Cet assemblage est loin de valoir celui adopté par Sharp et Roberts, parce que les rivets prennent du jeu au bout d'un certain temps.

Dans les deux tableaux XIII et XIV, nous donnons comme précédemment, les dimensions des roues motrices et des petites roues d'un certain nombre de locomotives.

TABLEAU XIII.

Dimensions des roues motrices de quelques locomotives.

Noms des constructeurs.....	Sharp.	Hawthorn.	Cavé.	Mayer.	Creusot.	Stephenson.				Budicom.
Noms des machines.....	*Rapide.*	*Seine-et-Oise.*	*Gauloise*	*Mulhouse.*	*Creusot.*	*Victorieuse.*	*Monge.*	Détente variable.	Machine à marchand.	*Rouen.*
Diamètre au milieu.....(mètres)	m. 1.670	m. 1.670	m. 1.670	m. 1.877	m. 1.670	m. 1.580	m. 1.700	m. 1.700	m. 1.560	m. 1.680
Nombre de bras.....	20	16	16	20	16	20	16	16	16	14
Section des bras vers le moyeu, vers la jante.....	32.37 / 85.85	32.37 / 85.85	45.55 / 45.55	78.74 / 34.34	56.34 / 56.70	56.50 / 56.50	54.45 / 54.45	87.75 / 95.87	52.45 / 52.15	38.35 / 76.76
Longueur visible des bras (mètres)	0.550	0.550	0.468	0.590	0.535	0.570	0.515	0.520	0.425	0.560
Diamètre extérieur du moyeu (id.)	0.460	0.450	0.490	0 460	0.460	0.440	0.500	0.570	0.490	0.468
Largeur du moyeu.....(id.)	0.165	0.191	0.200	0.160	0.168	0.187	0.176	0.165	0.170	0.196
Largeur de la jante de roulement.	0.150	0.150	0.125	0.128	0.133	0.154	0.167	0.155	0.118	0.128
Épaisseur de la jante de roulement.	0.039	0.039	0.035	0.031	0.040	0.040	0.050	0.045	0.040	0.041
Épaisseur de la deuxième jante...	0.030	0.030	0.027	0.037	0.033	0.060	0.048	0.014	0.020	0.027

TABLEAU XIV.

Dimensions des petites roues de quelques locomotives.

Noms des constructeurs	Sharp.	Hawthorn.	Cavé.	Mayer.	Creusot.	Stephenson.				Budicom.
Noms des machines	*Rapide.*	*Seine-et-Oise.*	*Gauloise.*	*Mulhouse.*	*Creusot.*	*Victorieuse.*	*Monge.*	Détente variable.	Machine à marchandises.	*Rouen.*
Diamètre des roues de devant....(mètres)	m. 1.05	m. 1.05	m. 1.090	m. 1.360	m. 1.030	m. 0.980	m. 1.102	m. 1.100	m. 1.090	m. 1.072
Nombre des bras	10	10	10	15	14	12	12	10	12	11
Section des bras vers le moyeu, vers la jante	30.28 / 75.75	36.34 / 90.78	30.38 / 30.48	70.74 / 32.52	26.23 / 70.70	50.48 / 50.48	48.44 / 48.44	05.75 / 90.88	44.47 / 44.47	32.28 / 76.76
Diamètre du moyeu.....(mètres)	0.340	0.360	0.360	0.400	0.400	0.34	0.340	0.380	0.330	0.328
Largeur du moyeu.....(id.)	0.160	0.180	0.168	0.170	0.135	0.170	0.157	0.150	0.160	0.172
Largeur de la jante de roulement....(id.)	0.128	0.130	0.125	0.129	0.132	0.135	0.140	0.136	0.134	0.128
Épaisseur de la jante de roulement...(id.)	0.035	0.032	0.030	0.040	0.042	0.045	0.045	0.044	0.040	0.041
Épaisseur de la deuxième jante.....(id.)	0.028	0.025	0.020	0.020	0.032		0.018	0.012	0.020	0.027

Essieu moteur.—Nous avons représenté Fig. 5 et Fig. 5,, Pl. 5, une moitié de l'essieu moteur de *la Rapide.* Il est tout en fer, d'un seul morceau, et pèse 400 kilogrammes. Il se compose de deux manivelles coudées, ayant pour longueur d'axe en axe, l'écartement de centre en centre des deux cylindres et porte à ses extrémités deux fusées, sur lesquelles repose tout le poids du châssis de la chaudière et du mécanisme. Ces tourillons sont reliés à l'aide de congés à des portées cylindriques d'un plus grand diamètre, sur lesquelles on cale les roues; puis viennent les parties qui servent à l'emplacement des excentriques de la marche en avant; les coudes des manivelles suivent immédiatement après.

Les essieux coudés se construisent généralement en deux parties qu'on soude ensemble au milieu. Quelquefois ils se font à manivelles rapportées, par mises successives, mais c'est là un mauvais système. Nous avons eu lieu de remarquer au chemin de fer de Versailles (rive gauche), la rupture de deux essieux ainsi construits.

Au chemin de fer de Rouen, les essieux moteurs de toutes les locomotives sont droits et les manivelles se trouvent formées par les moyeux des grandes roues. Cette disposition est très-simple et très-économique : elle présente aussi beaucoup de

sécurité, car dans la fabrication des arbres rectilignes on est moins exposé à des défauts de soudure que dans celle des essieux coudés; elle a cependant l'inconvénient de donner lieu à un mouvement de lacet très-prononcé.

Dans le tableau XV se trouvent résumées les principales dimensions de quelques essieux moteurs.

TABLEAU XV.

Dimensions des essieux coudés de quelques locomotives.

Noms des constructeurs	Sharp.	Hawthorn.	Cavé.	Pauwels.	Creusot.	Stephenson.				Budicom
Noms des machines	*Rapide.*	*Seine-et-Oise.*	*Gauloise.*	*Ville de Turcoing.*	*Creusot.*	*Victorieuse.*	*Monge*	Détente variable.	Machines à marchandises.	*Rouen.*
Diamètre du corps de l'essieu...(mètres)	m. 0.140	m. 0.132	m. 0.140	m. 0.145	m. 0.165	m. 0.140	m. 0.132	m. 0.146	m. 0.146	m. 0.140
Diamètre des tourillons des bielles...(id)	0.138	0.132	0.158	0.135	0.150	0.140	0.150	0.152	0.152	Il n'y a pas d'essieu coudé.
Longueur des manivelles d'axe en axe (id.)	0.232	0.2285	0.245	0.232	0.227	0.230	0.2285	0.2535	0.2533	
Section des coudes.....(id.)	0.164 / 0.126	0.148 / 0.105	0.180 / 0.110	0.120 / 0.174	0.148 / 0.170	0.096 / 0.108	0.220 / 0.098	0.180 / 0.117	0.180 / 0.117	
Diamètre des fusées.....(id.)	0.087	0.082	0.105	0.096	0.140	0.092	0.092	0.152	0.152	
Longueur des fusées..... (id.)	0.144	0.152	0.145	0.162	0.120	0.225	0.158	0.153	0.153	
Diamètre de la partie qui reçoit la roue..	0.162	0.152	0.145	0.160	0.158	0.166	0.163	0.177	0.177	

Boîtes à graisse. — Les essieux coudés comme les essieux droits sont sujets à des oscillations verticales; pour les guider dans leurs mouvements, les fusées tournent dans des coussinets, qui peuvent se mouvoir entre les plaques de garde. Les Fig. 6 et suivantes, Pl. 5, représentent dans tous ses détails une boîte à graisse des machines de Sharp. Elle est en bronze, coulée d'un seul morceau; à la partie supérieure, elle porte une cavité dans laquelle on verse l'huile pour le graissage: elle se distribue à l'aide de deux mèches en coton, formant siphon, et passées dans deux petits tubes en cuivre. Pour empêcher les projections de sable qui, pourrait rayer les fusées des essieux, la boîte est close à la partie inférieure par une plaque en bronze (Fig. 6_6 et suivantes), qu'on fixe aux deux côtés latéraux par des boulons taraudés.

Dans quelques machines, la boîte repose sur les fusées par l'intermédiaire de coussinets en bronze rapportés : cette disposition est économique, parce qu'elle permet de parer à peu de frais à l'usure que produisent les frottements.

Dans les locomotives de Stephenson la disposition des boîtes à graisse est un peu différente de celle de *la Rapide*. Elles sont en fonte avec coussinets en bronze, et le graissage s'opère à

l'aide de graisse et non d'huile; aussi les coussinets au lieu de deux siphons portent-ils simplement à leur centre un trou, par lequel la graisse s'écoule au fur et à mesure de l'échauffement de la fusée.

Chasse-pierres. — Pour prévenir tous les accidents et permettre à la machine de débarrasser elle-même les rails des corps étrangers que des cantonniers négligents pourraient y laisser, on adapte de chaque côté de la locomotive, en avant des roues antérieures, des barres en fer y^2 (Fig. 1, Pl. 1), nommées chasse-pierre. Elles tombent à l'aplomb des rails, dont elles sont éloignées de 0^m045, et sont terminées en forme de biseau; elles sont boulonnées aux brancards du châssis et à la partie inférieure de la boîte à fumée; une jambe de force les relie avec la traverse de devant.

A la suite de l'accident du 8 mai on a proposé de faire des chasse-pierres à galets, sur lesquels la machine pourrait continuer de marcher quelques instants, si l'essieu de devant venait à se rompre. Les différentes études qu'on a faites à ce sujet sont restées en projets. Nous n'avons pas connaissance qu'on eût appliqué cette idée; nous pensons que le moyen proposé, pour prévenir un déraillement, serait insuffisant.

Barre d'attelage. — Nous avons représenté Fig. 7 et Fig. 7_1, Pl. 7, la barre qui sert à relier la machine avec le tender dont elle est toujours accompagnée.

Elle se compose d'une tige rigide en fer, de section cylindrique, aplatie à ses deux extrémités et percée de deux trous destinés au passage des boulons d'attache. La Fig. 1, Pl. 2, indique comment elle est fixée à la machine.

Dans les machines de Stephenson la barre d'attelage est toute différente : elle est formée de deux douilles à tourillons, embrassés de chaque côté par des bielles en fer dans lesquelles elles peuvent tourner. Cette disposition est plus compliquée que celle de Sharp et Roberts ; elle a d'ailleurs cet inconvénient que, souvent la douille se renverse quand on opère la jonction de la machine avec le tender, ce qui fait perdre beaucoup de temps.

En regard de la page 212.

TULATIF

Des dimen locomotives françaises et anglaises.

NOMS DES CONSTRUCTE.	Jackson.	Mayer.	Stephenson.				Budicom.
NOMS DES MACHINES...	*Mathieu Murray.*	*Mulhouse*	*Victorieuse.*	*Monge.*	Détente variable.	Mach. à march.s	*Rouen.*
CHEMINS OU ELLES MA	(R. G.)	(Bâle.)	(R. G.)	(Orléans)	(Orléans)	(Orléans)	(Rouen.)
Angle correspondant à l'avan	0° 00'	5° 37'	24° 44'	22° 2'	12° 35'	37° 52'	33° 30'
Angle correspondant au rec	9° 13'	6° 23'	7° 31'	7° 15'	Variables avec la course.	34° 9'	25° 00'
Angle dont la détente précé	0° 00'	0° 36'	2° 18'	9° 2'		3° 43'	8° 00'
piston						10° 6'	10° 22'
Angle de l'échappement	9° 13'	13° 37'	36° 39'	49° 19'		62° 1'	33° 30'
Angle dont la compression pr	9° 13'	9° 24'	29° 57'	18° 15'		27° 46'	32° 8'
du pistor							
TUYAU D'ÉCHA	9° 13'	10° 36'	34° 33'	36° 14'		47° 38'	34° 52'
Diamètre intérieur		mill. mill.					
Surface	0.060	45 sur 83	0.066	0.060	0.079	0.065	0.076
Rapport de cette surface à ce	0.2826	0.2832	0.3419	0.2826	0.4964	0.3315	0.4336
	40.9	6620	6988	8737	5416	7704	4185
CYLINDRES A		(1)		(1)	(1)	(1)	
Epaisseur de la deuxième ja	0.023	0.040	0.045	0.045	0.044	0.040	0.041
	0.018	0.020		0 018	0.012	0.020	0.027
ESSIEU DE D							
Diamètre au milieu	0.100	0.132	0.100	0.107	0.129	0.127	0.120
Diamètre des fusées	0.090	0.000	0.000	0.085	0.127	0.090	0.000
Longueur des fusées	0.108	0.000	0.000	0.138	0.178	0.138	0.000
Diamètre de la partie qui re	0.110	0.000	0.107	0.116	0.145	0.116	0.132
ARBRE DE CHA DE MAR							
Diamètre	0.000	0.044	0.045	0.045	0.054	0 045	0.050
ARBRES DE DIST							
Diamètre	0.035	0.066	0 050	0.055	0.000	0.055	0.055

(1) Tuyau d'échappement va

Digitized by Google

NOTES ADDITIONNELLES.

Digitized by Google

Digitized by Google

NOTE I.

CALCULS DE L'EFFET UTILE DE LA MACHINE LA RAPIDE.

Pour nous rendre compte des effets de la machine *la Rapide*, sur le chemin de fer de Paris à Versailles (rive gauche), où il existe une rampe continue de $0^m,004$ par mètre, nous avons cherché à déterminer dans les notes suivantes, et en nous servant du mode de calcul indiqué par M. de Pambour :

1° Quelle est la vitesse maxima que la machine peut atteindre, en montant la rampe de $0^m,004$, n'ayant d'autre charge à remorquer que son

propre poids et celui du tender rempli d'eau et de coke.

2° Quelle est, dans les mêmes circonstances, pour une vitesse de 40 kilomètres à l'heure, le poids maximum dont on peut la charger.

3° Quelle est, pour ce travail, l'expression de la force de la machine en chevaux vapeur.

Pour trouver quelle est la vitesse qu'une locomotive peut atteindre avec une charge donnée, il faut d'abord chercher quelle est, pour cette charge, la pression correspondante de la vapeur dans l'intérieur des cylindres. On conçoit, en effet, que cette pression doive varier avec les différentes charges, car toutes les résistances dues à la marche de la machine et du train venant se réunir pour agir sur les tiges des pistons, la vapeur travaillant en sens inverse, il faut, pour qu'il y ait uniformité dans le mouvement, que les pressions dues à la résistance et à la puissance soient en équilibre, et par conséquent que, la vapeur admise dans les cylindres se détende jusqu'à ce que sa tension, par centimètre carré, soit égale à celle qui s'exerce du côté opposé du piston; en divisant alors, par les capacités des cylindres, le volume qu'occupe à cette pression la vapeur formée par seconde, on a le nombre de coups de piston effectués dans le

même temps, et par suite la vitesse de la machine.

Les résistances qui s'opposent au mouvement des machines et des trains sur les chemins de fer ont été spécifiées et déterminées par M. Petiet et M. de Pambour ; elles sont de cinq natures :

1° Le travail nécessaire pour élever la charge quand on parcourt des rampes ascendantes, travail qui est nul sur niveau et négatif sur des pentes descendantes.

2° Le frottement des roues sur les rails et celui des essieux dans les boîtes à graisse.

3° Le frottement propre de la machine et celui des différents organes du mécanisme, ce dernier variant proportionnellement au poids remorqué.

4° La résistance de l'air.

5° La résistance occasionnée par l'application d'une tuyère au conduit éducteur de la vapeur.

La résistance due à la gravité est proportionnelle à la pente de la voie ; elle est représentée, pour chaque tonne transportée, par autant de kilogrammes qu'il y a de millimètres à l'inclinaison par mètre. Ainsi, pour une pente de $0^{m},004$ par

mètre, l'effort dû à la gravité sera de 4 kilogrammes; pour une pente de $0^{m}005$ par mètre, elle sera de 5 kilogrammes.

Le frottement des wagons sur les chemins de fer est compris entre 1/400 et 1/250 du poids, ou bien entre $2^{k}50$ et 4 kilogrammes par tonne transportée. Ce frottement représente la force qu'il faut développer pour faire marcher un wagon sur un chemin de niveau.

Le frottement propre des machines se détermine en considérant les locomotives comme des wagons, et en multipliant leur poids en tonnes par un des coefficients indiqués ci-dessus, et en ajoutant au produit la quantité constante 22. Quant au frottement additionnel des machines, provenant de l'augmentation de pression exercée sur les diverses parties mouvantes, par suite d'un surcroît apporté à la charge remorquée, il est, d'après les expériences de M. de Pambour, de $0^{k},137$ par kilogramme de traction, c'est-à-dire environ le 1/7 de la résistance totale exercée contre le mouvement, et provenant du frottement des wagons, de la gravité et de l'air atmosphérique.

La résistance de l'air contre une surface en mouvement est très-considérable à de grandes vitesses; M. de Pambour indique la formule suivante pour son évaluation :

$$R = 0{,}005064\ S\ V^2,$$

dans laquelle R est la résistance de l'air en kilogrammes, S la surface effective du train en mètres quarrés, et V la vitesse du mouvement en kilomètres par heure. Pour avoir la surface résistante du train, il faut prendre, d'après M. de Pambour, la surface du wagon le plus grand augmentée d'autant de fois $0^m,93$ qu'il y a de wagons composant le convoi.

Enfin, quant à la résistance due à la tuyère, M. de Pambour a trouvé qu'on pouvait se servir de la formule suivante :

$$R = 0{,}1124\ V\ \frac{S}{\Delta},$$

dans laquelle R est la résistance en kilogrammes par centimètre quarré;
V la vitesse de la machine en kilomètres;
S la vaporisation en mètres cubes d'eau par heure;
Δ l'orifice de la tuyère en centimètres quarrés.

Partant de ces données, cherchons à déterminer la vitesse que peut atteindre *la Rapide*, en montant une rampe de $0^m,004$ par mètre, et n'ayant à remorquer que son tender pesant, rempli d'eau et de coke, 9500 kilogrammes.

Le diamètre des cylindres. . . . . = $0^m,33$
La course du piston. . . . . = $0^m,464$
La surface de chauffe réduite. . . = 21^{mq}
La surface de chauffe totale. . . . = 53^{mq}
Le diamètre des roues motrices. . . = $1^m,67$
Le poids de la machine. . . . . = 15000^k
La vaporisation par heure. . . . = 2100^k

La résistance totale exercée sur le piston s'obtient comme l'a indiquée M. de Pambour par la formule :

$$R=\frac{(1+\delta)\left((K+g)M+g\,m+u\,v^2\right)\frac{\pi D}{2\,l}+\frac{\pi DF}{2\,l}}{\frac{\pi\,d^2}{2}}+p+p'\,v,$$

dans laquelle :

δ est le frottement additionnel;
K le coefficient de frottement des wagons;
g la gravité d'une tonne.
M le nombre de tonnes brutes dont se compose la charge totale;
m le poids de la machine;
D le diamètre des roues motrices;
d celui des cylindres;
l la longueur de la course des pistons;
F le coefficient de frottement des machines isolées;
p la pression atmosphérique par cent. quarré;

p' la pression due à la tuyère;
uv^2 la résistance de l'air;
v la vitesse de la machine en kilom. par heure.

Remplaçant les lettres par leurs valeurs, et supposant *à priori* $v = 68$ kilom. par heure, on a :

Frottement du tender en kilogrammes :

$$K\,M = 9^t,50 \times 2,40 = 22,80\,;$$

Gravité de la masse totale (tender et machine) :

$$g\,(M + m) = (15^t + 9^t,5)\,4 = 98^k\,;$$

Résistance de l'air :

$$uv^2 = 70^k\,;$$

Résistance du train :

$$(K + g)\,M + gm + uv^2 = 190^k,80\,;$$

Résistance du train y compris le frottement additionnel qu'il produit dans la machine :

$$(1+\delta)\left((K+g)M+gm+uv^2\right)=1,137\times190,80=216^k94\,;$$

Frottement de la machine isolée :

$$F = 15^t \times 2,40 + 22^t = 58^k\,;$$

Résistance totale au mouvement de la machine :

$$(1+\delta)\left((K+g)M+gm+uv^2\right)+F=274^k,94;$$

Rapport des vitesses de la roue et du piston :

$$\frac{\pi D}{2l}=\frac{1,67\times 3,14}{0,464\times 2}=5,65;$$

Résistance produite sur le piston :

$$(1+\delta)\left((K+g)M+gm+uv^2\right)+\frac{\pi D}{2l}+\frac{F\pi D}{2l}=274,94\times 5,65=1553;$$

Aire des deux pistons :

$$\frac{\pi d^2}{2}=\frac{3.14\times\overline{33^2.0^2}}{2}=1708^{c^2};$$

Résistance par centimètre quarré :

$$\frac{(1+\delta)\left((K+g)M+gm+uv^2\right)+\frac{\pi D}{2l}+\frac{F\pi D}{2l}}{\frac{\pi d^2}{2}}=\frac{1533}{1708}=0^k,89;$$

Pression atmosphérique par cent. quarré :

$$p=1^k03;$$

Pression due à la tuyère :

$$p'v = 0^k41;$$

Résistance définitive par cent. quarré :

$$\frac{(1+\delta)\left((K+g)M+gm+uv^2\right)+\frac{\pi D}{2l}+\frac{F\pi D}{2l}}{\frac{\pi d^2}{2}}+p+p'v=2^k,33.$$

Ainsi $2^k,33$ est dans le cylindre, par centimètre quarré, la pression de la vapeur correspondante aux résistances que la machine a à vaincre.

Pour avoir actuellement la vitesse de la machine, il faut chercher quel est, à cette pression, le volume de la vapeur formée; ce volume, d'après les tables, est 813 fois celui de l'eau évaporée; il sera donc égal à $813 \times 2^{m^3}10 = 1707^{m^3}$. Divisant ce nombre par $0^{m^3}032$, qui, d'après ce que nous avons vu plus haut (page 114), est la dépense de vapeur par coup simple de piston, on a le nombre de coups de piston correspondant au volume de vapeur formé; or, comme la machine avance d'un tour pour 4 cylindrées, il faut, pour avoir la vitesse de la machine en mètres, diviser ce nombre par 4 et multiplier le quotient par la circonférence développée de la roue. Cette vitesse sera par conséquent :

$$\frac{1707^{m^3}}{0^{m^3}032} \times \frac{5^m24}{4} = 69888^m.$$

Enfin, comme un kilomètre contient 1000 mètres, la vitesse de la machine, exprimée en kilomètres, sera $69^k,89$ par heure, ce qui correspond à près de 17 heures et demie.

Pour résoudre le second problème que nous nous sommes proposé, celui relatif à la détermination de la charge que peut remorquer *la Rapide* sur le chemin de Versailles (rive gauche), en marchant à une vitesse de 36 kilomètres à l'heure, M. de Pambour indique la formule suivante à laquelle il arrive d'une manière fort simple :

$$M=\frac{1}{1,137(K+g)}\left[20220\frac{S}{V}-\frac{d^2l}{D}(13352+p'v)-F\right]-\frac{1}{K+g}(uv^2+gm).$$

Si nous donnons aux lettres les valeurs :

$K = 2^k69$,	$d = 0^m33$,	$F = 58^k$
$g = 4^k$	$l = 0^m464$,	$uv^2 = 90^k$
$S = 2^{m^3}10$,	$D = 1^m67$,	$m = 15^t$
$V = 36^k$,	$p'v = 0^k26$,	

nous aurons :

$$M=\frac{1}{1,137\,(2,69+4)}\left[20220\frac{2,10}{36}-\frac{0,1089\times0,464}{1,67}(13352+0,23)-58\right]-\frac{1}{2,69+4}(90+60)$$

et par conséquent :

$$M = 0{,}18\,[\,1170 - 400{,}57 - 58\,] - 28{,}98\,,$$

d'où :

$$M = 158^{k},56.$$

M. est l'effort, en kilogrammes, que la machine peut développer; or, comme on peut admettre qu'une tonne exige sur un rail-way une force de $2^{k},69$, il en résulte qu'en divisant M par ce chiffre, on aura le nombre de tonnes, dont on peut charger la machine, pour qu'elle conserve une vitesse de 36 kilomètres à l'heure.

Ainsi :

$$\frac{158{,}56}{2{,}69} = 59 \text{ tonnes environ.}$$

est l'expression du poids brut que la machine pourra remorquer; en défalquant de ce chiffre 9 tonnes pour le poids du tender, il reste 50 tonnes disponibles pour la charge en wagons, dont on obtient la quantité en divisant 50 par le poids de l'un d'eux.

Sur le chemin de fer de Versailles (rive gauche), on a plusieurs classes de voitures, dont les poids sont différents. Ainsi :

Les berlines avec impériales, à 4 caisses dont 2

coupés, montées sur roues en fer, pèsent. 3850^k
Les diligences à 3 caisses *id.* . . . 3500
Les wagons ordinaires à 4 caisses *id.* . 3600
Les wagons *id.* avec frein *id.* . 3750

Le nombre de places dans chaque voiture est de 46, on peut donc admettre qu'un wagon chargé de voyageurs pèse 6 tonnes.

Par conséquent, pour le cas qui nous occupe :

$$\frac{50}{6} = 9 \text{ wagons environ},$$

sera le nombre de voitures, dont la machine pourra être chargée, sa vitesse de marche étant fixée à 36 kilomètres par heure.

Pour avoir d'une manière approximative l'expression de la force de la machine en chevaux-vapeur, on peut se servir de la formule suivante :

$$N = \frac{(M + m)(g + K)V}{75},$$

dans laquelle :

M, est la charge du train, tender compris, en tonnes métriques.
m, le poids de la machine également en tonnes.
g, la gravité.
K, le nombre de kilogrammes nécessaires pour tirer une tonne sur un rail-way.
V, la vitesse de marche en mètres par seconde.

Si nous appliquons cette formule à *la Rapide*, en posant d'après les calculs ci-dessus :

$$M = 59 \text{ tonnes};$$
$$m = 15 \text{ tonnes};$$
$$g = 4 \text{ kilog.};$$
$$K = 2^k,69 ;$$
$$V = 10 \text{ mètres}.$$

nous aurons :

$$N = \frac{(59 + 15)(4 + 2,69)\,10}{75} = 66 \text{ chevaux}.$$

Ainsi, dans les circonstances où nous avons supposé placée *la Rapide*, c'est-à-dire remorquant un train de 59 tonnes à une vitesse de 36 kilomètres à l'heure, sur une rampe de $0^m,004$ par mètre, l'effet utile qu'elle développe correspond au travail de 66 chevaux vapeur.

Si, au lieu de servir à la conduite de voyageurs, la machine était destinée au remorquage de marchandises, comme dans ce cas, on se propose toujours d'utiliser toute la pression de la vapeur, il faudrait, non pas comme nous l'avons fait précédemment, se donner *à priori* la vitesse, mais chercher celle qui correspond au maximum d'effet utile, et déduire de là le poids dont on peut la charger.

La vitesse du maximum d'effet utile en kilomèt. par heure, s'obtient, comme l'a indiqué M. de Pambour, par la formule :

$$V' = \frac{9,524}{1,421 + 0,00047\,P}\ \frac{D}{l}\ \frac{S}{d^2},$$

dans laquelle :

P, est la pression totale de la vapeur dans la chaudière, en kilogrammes, par mètre quarré.
S, le volume d'eau évaporé.
D, le diamètre des roues motrices.
d, le diamètre des cylindres.
l, la course du piston.

Si donc nous posons :

$$P = 50550^k;$$
$$S = 2^{m^3},10;$$
$$D = 1^m,67;$$
$$d = 0^m33;$$
$$l = 0^m464;$$

Nous aurons :

$$V' = \frac{9,524}{1,421 + 0,00047 \times 50550} \times \frac{1,67}{0,464}\ \frac{2^{m^3},10}{0,1089},$$

d'où :

$V' = 24$ kilomètres, ou 6 lieues à l'heure.

C'est précisément la vitesse qu'on assigne généralement aux convois de marchandises.

La charge qu'on peut imposer à la machine dans cette hypothèse, se déduit naturellement de la formule :

$$V' \frac{(M + m)(g + K)}{75} = N$$

qu'on résout, par rapport à M; opérant, on a :

$$M = \frac{N \times 75}{(g + K) V'} - m.$$

Or, comme nous avons trouvé plus haut :

$N = 66$ chevaux ;
$V' = 6^m,6$ par $1''$ (24 kilom. par heure) ;
$g = 4^k$;
$K = 2^k,69$;
$m = 15^t$,

nous aurons :

$$M = \frac{66 \times 75}{6,69 \times 6,6} - 15 = 97 \text{ tonnes.}$$

Le poids d'un wagon à marchandises dépasse rarement 3000^k et son chargement est généralement de 4000 kilogrammes.

Dans cette hypothèse, *la Rapide* pourrait donc remorquer sur la rive gauche 14 wagons de 7 tonnes chacun, ou 55000 kilogrammes de marchandises.

NOTE II.

CONSOMMATION DE COMBUSTIBLE, FRAIS DE TRACTION ET PRIX DE REVIENT DES MACHINES LOCOMOTIVES.

La dépense de combustible formant une partie constante et considérable des frais d'exploitation d'un chemin de fer, on a dû chercher à utiliser toutes les mesures qui peuvent en réduire le chiffre, et on a adopté dans ce but :

1° L'application de la détente aux machines locomotives.

2° Celle des tuyaux d'échappement à section variable.

Digitized by Google

3° La fixation de primes accordées aux mécaniciens, à raison des économies qu'ils parviennent à réaliser dans la consommation.

4° La prescription du capuchonnement des cheminées des locomotives en stationnement.

5° L'addition d'une trappe pratiquée sur le côté latéral des boîtes à fumée, trappe qu'on peut ouvrir et fermer à volonté.

6° Enfin l'emploi de cendriers mobiles.

L'influence de la détente de la vapeur sur la consommation de coke est immédiate : elle permet, toutes choses égales d'ailleurs, de réduire la production de la vapeur, de diminuer par conséquent l'activité du feu, et par suite la dépense de combustible.

Les tuyaux d'échappement à section variable complètent les avantages que procure la détente: ils donnent la facilité aux mécaniciens de modérer selon les besoins, l'énergie du tirage.

La prime accordée aux conducteurs stimule leur zèle, tient leur attention en éveil et les porte à tirer tout le parti possible des ressources que leur offrent leurs machines

Le capuchonnement des cheminées des locomotives en réserve s'oppose aux courants d'air, et enlève toute activité à la combustion.

La trappe additionnelle produit des effets qui s'ajoutent à ceux des tuyaux d'échappement. Quand elle est ouverte, elle donne accès à de l'air froid : par là, on affaiblit en marche le tirage artificiel ; et en stationnement, on détruit le tirage naturel, dû à la différence des poids de l'air intérieur et extérieur.

Les cendriers mobiles enfin, joints à l'action des capuchons, permettent d'étouffer le combustible pendant le stationnement, c'est-à-dire de le soustraire à l'action de l'air.

Les résultats qu'on obtient avec ces différentes dispositions dépendent beaucoup du mode de conduite du mécanicien.

Pour arriver à des consommations faibles, un conducteur doit :

1° Tenir constamment élevé le niveau de l'eau dans la chaudière, parce qu'en ayant une grande quantité d'eau bouillante, il n'est pas exposé à voir baisser, d'une manière sensible, la pression de la vapeur, soit aux instants de l'alimentation, soit aux moments du chauffage.

2° Alimenter souvent et peu à la fois. Cette précaution a également pour but de prévenir un abaissement trop brusque de la tension de la vapeur.

3° Éviter de le faire à la montée des rampes, parce qu'on a besoin dans ces moments de toute la puissance de la vapeur, et que l'alimentation tend toujours à abaisser momentanément le degré de pression.

4° Choisir de préférence les moments qui précèdent les arrêts aux stations, parce qu'alors la production de vapeur dépasse les besoins.

5° Fermer le tuyau d'échappement pendant l'alimentation, afin de compenser par l'activité donnée à la combustion la condensation inévitable d'une partie de la vapeur.

6° Veiller à ce que la couche de combustible dans le foyer reste à une hauteur à peu près constante.

7° Fermer pendant le chauffage les pompes et le tuyau d'échappement: d'une part, pour éviter un surcroît de refroidissement; d'autre part, pour déterminer la prompte inflammation du coke introduit.

8° Éviter de charger la grille au delà de la première rangée des tubes, pour ne pas intercepter le rayonnement de la flamme.

9° Disposer le combustible en voûte et combler les coins du foyer, afin de déterminer une parfaite réverbération, et chauffer l'eau comprise entre les deux enveloppes de la boîte à feu.

10° Agrandir la section de l'échappement du tuyau éducteur, aussitôt que la production de vapeur est en rapport avec la consommation, pour diminuer l'énergie du tirage.

11° Régler la vaporisation de manière à ce que les soupapes ne laissent pas perdre de la vapeur, sans cependant que sa tension soit influencée.

12° Enfin, quand les machines sont à détente variable, utiliser l'expansion à la descente des pentes, dans le parcours des paliers, et en général quand la machine a atteint une allure régulière.

Au chemin de fer de Paris à Versailles (rive gauche), l'application des dispositions dont nous avons parlé ci-dessus a produit d'excellents effets.

Dans la première année d'exploitation, la con-

sommation moyenne, par kilomètre parcouru, stationnement et allumage compris, était de 13k25

Pendant la seconde année sociale, la dépense a été réduite à 11k95

En 1843 elle a été de 8k78

Dans le premier trimestre de 1844, elle n'a pas encore dépassé 7.35

Il y a donc une réduction de 56 p. 100 sur la consommation en 1841.

Les primes accordées aux conducteurs ont eu une grande influence sur l'économie à laquelle on est parvenu; on ne peut en douter lorsqu'on a des exemples que des mécaniciens ont pu augmenter leurs appointements de plus de 75 francs par mois, en conduisant leurs machines avec soin et intelligence. Nous donnons ici comme pièce à l'appui l'état des économies faites au chemin de la rive gauche pendant le mois de février 1844.

CHEMIN DE FER DE PARIS A VERSAILLES (RIVE GAUCHE).

État présentant la consommation de coke et le travail des machines pendant le mois de février 1844, avec indications des primes accordées aux mécaniciens, à raison des économies produites.

NOMS DES MACHINES.	CONSOMMATION allouée par kilom. parcourn		PRIME ALLOUÉE	PARCOURS EN KILOMÈTRES.					CONSOMMATION réelle en kilogrammes.	DIFFÉRENCE en moins entre la consommation réelle et celle allouée.	MONTANT de la prime allouée.	MOYENNE par kilogramme d'après la consommation réelle,
				LA SEMAINE.		LE DIMANCHE.		TOTAL du coke alloué.				
	La semaine.	Le dimanche.		Kilomètr. parcourus	Coke alloué.	Kilomètr. parcourus	Coke alloué.					
				kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	fr. c.	fr. c.
Victorieuse.....	11.	11.50	10 francs par mille kilogrammes.	68	748	»	»	748	679	69	» 69	9 98
Etna.....	11.	11.50		68	748	»	»	748	679	69	» 69	9 98
Vésuve.....	11.	11.50		4207	43277	453	4759	48036	40202	4834	48 34	7 50
Chartres.....	10.	10.50		799	7990	453	4607	9597	7903	1694	16 94	8 50
Seine-et-Oise....	9.	9.50		4377	42395	453	4454	43847	40467	3380	33 80	6 84
Seine.....	9.50	10.		408	3876	470	4700	5576	4051	1525	15 25	7 01
Ville de Paris....	9.50	10.		4479	14050	453	4530	15580	12260	3320	33 20	7 54
Place d'armes....	9.50	10.		557	5394	470	4700	5094	3980	1111	11 11	7 55
Creusot.....	10.	10.50		2635	26350	476	4998	31348	23755	7593	75 93	7 63
Française.....	10.	10.50		1802	18020	476	4998	23018	17142	5876	58 76	7 52
Rapide.....	10.	10.50		51	10	»	»	510	422	88	» 88	8 27
Total et moyenne.	10.12	10.62	01c p. kil.	40251	401353	1904	19746	421099	91540	29559	295 59	7 53

Comme le désir d'arriver à une trop grande économie, pourrait amener les mécaniciens à ne pas faire produire à leurs machines la vapeur nécessaire, et par suite amener des retards dans les heures fixées pour l'arrivée des trains aux stations extrêmes, on a dû naturellement fixer des amendes pour tout retard arrivé par le fait même du mécanicien.

On a dû également prévenir, par de fortes punitions, les fraudes qui pourraient se commettre dans les livraisons de coke. Nous donnons à la fin de cette note les règlements qui ont été faits aux chemins de fer belges et à celui de Strasbourg à Bâle, relativement aux primes de consommation et à la comptabilité du combustible.

La part de bénéfices qui est accordée aux mécaniciens, pour les économies qu'ils peuvent faire, est différente dans chaque chemin. A celui de Versailles (rive gauche), on n'accorde que 10 fr. par mille kilogrammes de coke économisés; au chemin de fer de Bâle, la prime octroyée est égale au tiers de la valeur du coke dépensé en moins, celui-ci étant compté à raison de 60 fr. les mille kilogrammes. Au chemin de fer d'Orléans, les économies sont partagées par moitié entre l'administration et le mécanicien, et la valeur du coke est comptée à 50 fr. les mille kilogrammes; sur les chemins belges enfin, les bénéfices sont limités à 7 fr. par mille kilogrammes.

Frais de traction. Les frais qu'occasionne le service des machines locomotives comprend : les dépenses pour matières premières, telles que coke, eau, huiles, graisse, suif, bois pour l'allumage, etc.; celles pour l'entretien et la réparation des machines et tenders; le prix de la conduite; les dépenses pour le personnel du service; enfin la dépréciation du matériel. Pour les grandes lignes, les frais de traction s'évaluent en moyenne à 1 fr. 10 c. par kilomètre parcouru par les machines. C'est là la base du traité que la compagnie du chemin de fer de Rouen a passé avec des entrepreneurs qui se sont chargés de la locomotion, moyennant cette redevance de 1 fr. 10 c. par kilomètres parcourus par les machines avec des trains composés de douze voitures au maximum; pour chaque voiture au-dessus de douze, il est dû un douzième en sus, jusqu'à ce que le train ait atteint le chiffre de seize voitures; pour dix-sept voitures ou plus, on emploie deux locomotives, et le kilomètre se paie à raison de 2 fr. 20 c. tant que le nombre des voitures n'excède pas vingt-quatre. Pour un plus grand nombre, le même principe est appliqué que pour un train excédant douze voitures.

La redevance ci-dessus comprend, non-seulement les frais de locomotion et d'entretien, mais encore la dépréciation du matériel : de façon qu'à aucune époque de l'exploitation, pendant la durée

du traité la compagnie n'a à supporter aucune charge extraordinaire pour renouvellement du matériel, et qu'à l'expiration du marché les machines et tenders sont remis ou neufs ou avec le paiement de la dépréciation. Comme garantie, on retient 15 p. 100 aux entrepreneurs sur les sommes dues. C'est là une des clauses les plus importantes du traité, car, d'ordinaire, dans la dépense d'entretien des locomotives on ne porte que les frais de réparation, et l'on est obligé de pourvoir par des réserves à la dépense extraordinaire qui peut résulter de la détérioration.

Nous joignons à cette note trois tableaux relatifs au chemin de Versailles (rive gauche). Ils indiquent la nature des dépenses et le travail exécuté par les machines pendant trois années consécutives.

La moyenne des frais de toutes espèces a été :

En 1841, de 1f,262 par kilomètre parcouru.
En 1842, de 1f,242 —
En 1843, de 1f,079 —

La réduction considérable qu'on remarque pour la troisième année d'exploitation, est due aux soins éclairés de M. Jules Petiet, ingénieur en chef de la compagnie. Le résultat auquel il est arrivé est digne d'attention, quand on tient compte de la faible longueur du chemin, qui n'a que 17 kilomètres.

Quelques éclaircissements sont nécessaires pour

LLES (Rive Gauch

Machines du 1er c

luite.							Nombre de kilomètres parcourus du 1er octobre 1840 au 30 septembre 1841.
IX LA OEUVRE.	MATIÈRES PR		POUR LES STATIONS.			NOMBRE DE Kilomètres parcourus.	
	OBJETS REMPLACÉS.	FAUX FR	emps.	RETOUR. Wagons.	RETOUR. Temps.		
AR MACHINE :							
1 92	402 23	581	36.6	5.5	32	10.357	10.357
1 19	409 31	1,147	33.4	4.4	30.2	26.467	26.467
7 98	663 95	1,039	33.2	4.4	30.8	24.682	24.682
7 95	880 29	1,141	32.7	4.4	30.1	25.262	25.262
4 23	608 15	1,247	32	4.3	29.7	29.191	29.191
4 64	1,703 20	1,062	36.2	3.9	31.6	23.423	22.423
7 65	1,147 19	1,162	35.2	3.9	31	25.031	25.031
1 47	995 73	982	34.9	3.9	31.1	22.218	22.218
0 93	744 50	1,369	34 1	3.7	29.8	30.600	30.600
4 81	1,794 95	916	33.9	3.7	31.5	16.779	16.779
0 47	556 81	365	31.5	3.5	35	3.821	3.621
7 90	321 12	370	31.4	3.9	31.6	5.899	5.899
5 70	285 62	438	36.3	4.7	32.2	7.207	7.207
4 07	94 35	269	»	5.4	»	408	408
9 49	6 20	27	33	7.8	29.8	1.258	1.258
0 40	10,613 60	12,121	33.3	4.5	31	251.403	251.403
»	6,168 84	874					
10 40	16,782 44	12,995					
24 20	1,247 13	659					
»	49 60	15					
4 60	18,079 17	13,670					

ations.

ES MACHINES.

			Courses les pistons.	Surface de chauffe totale.	Surface de chauffe réduite.	Diamètre des roues motrices.
76	0.039	0.0		m. q.	m. q.	m.
71	0.015	0.0	0.460	59.03	22.87	1.38
72	0.026	0.0				
72	0.035	0.0	0.464	53.02	21.02	1.67
73	0.021	0.0				
71	0.076	0.0				
72	0.046	0.0	0.437	48.40	19.00	1.67
68	0.045	0.0				
71	0.024	0.0	0.457	48.40	19.00	1.67
74	0.107	0.0				
66	0.154	0.1	0.410	26.60	11.53	1.53
66	0.054	0.0				
63	0.010	0.0	0.405	»	»	1.36
59	0.231	0.6				
71	0.005	0.0	0.464	48.32	19.40	1.67
	0.023	0.0	0.464	60.81	24.73	1.70
71	0.067	0.0				

Digitized by Google

SAILLES (Rivi

ail des Machines d

Les trois tableaux des dépenses de 1840, 1841 et 1842 doivent être placés en regard de la page 240.

Conduite.	avail.							Nombre
PRIX DE LA MAIN-D'OEUVRE.	MA	MOYENNE POUR LES STATIONS.				NOMBRE DE Kilomètres parcourus.	DE KILOMÈTRES PARCOURUS du 1er octobre 1842 au 30 septembre 1843.
	OBJETS REMPLACÉ	ALLÉE.		RETOUR.			
		agons.	Temps. (Minutes.)	Wagons.	Temps. (Minutes.)		
1,000 50	5,784 »	4.9	34.4	4.7	33	7.325	20.844
1,447 56	230 90	5.3	32.5	5.4	31.5	10.681	49.218
1,699 33	1,342 90	5.2	35	5.2	32.8	12.426	51.339
2,612 33	1,198 30	4.9	35.5	4.6	33.2	18.719	66.372
2,984 68	1,012 30	3.7	34.9	3.7	34	20.280	58.904
2,358 02	1,454 30	3.8	34.7	3.8	33.1	15.595	53.478
942 36	2,261 45	4	37	3.9	34	6.642	46.659
2,939 96	706 25	3.7	34.2	3.7	32.8	20.730	62.958
2,850 96	2,477 86	4.4	34.5	4.5	33.3	19.845	37.796
3,608 13	1,996 20	4.4	35.3	4.5	32.9	25.366	56.178
2,286 43	175 60	4.9	34.1	4.7	32.7	16.701	35.165
1,275 89	27 10	4.8	33.8	4.6	32.6	9.684	26.903
304 98	75 09	4.3	34.6	4.2	32.9	3.947	3.947
»	9,624 35					Fulton...	9.333
						Den. Pap.	5.899
						M. Murray	26.095
						Pauwels.	2.822
						Eclair ...	33.369
26,491 35	28,586 60						
2,108 38	»						
»	15 30	4.5	34.7	4.4	33	187.911	627.249
28,599 73	28,601 90						

Observations.

NSIONS DES MACHINES.

		mètre lindres.	Course des pistons.	Surface de chauffe totale.	Surface de chauffe réduite.	Diamètre des roues motrices.
0.137	0.790					
0.136	0.023					
0.137	0.124			m. q.	m. q	m.
0.144	0.064	.380	0.460	59.03	22.87	1.38
0.147	0.050					
0.130	0.093					
0.142	0.340	.330	0.464	53.02	21.02	1.67
0.142	0.034					
0.144	0.125					
0.142	0.079					
0.137	0.011	.305	0.457	48.40	19.00	1.67
0.132	0.003					
0.129	0.019	.280	0.457	48.40	19.00	1.67
»	0.031	.282	0.410	26.60	11.53	1.53
		.253	0.405	»	»	1.36
0.141	0.152	.330	0.464	48.52	19.40	1.67
»	0.101	.330	0.464	60.81	24.73	1.70
		.380	0.460	56.34	18.73	1.87

Digitized by Google

la parfaite intelligence des *états de dépenses du service des machines* du chemin de Versailles (1).

La dépense de l'eau ne peut être appréciée qu'en somme totale : il est difficile de la répartir exactement par machine, dont la puissance de vaporisation varie. Les chiffres qu'on remarque pour cet objet vis-à-vis du nom de chaque machine sont donc loin d'être rigoureux. Voici comment ils ont été obtenus : on a pris, d'une part, le nombre total de kilomètres parcourus par les machines ; d'autre part, le volume d'eau consommé ; en divisant ces deux quantités l'une par l'autre, on a une moyenne fictive de consommation par kilomètre. C'est cette moyenne qui a servi de base à la répartition du volume d'eau dépensé.

Le *bois* indiqué est consommé pour l'allumage des machines : on compte généralement un décistère par mise en feu.

La colonne intitulée *faux frais* comprend toutes les dépenses de l'entretien courant des locomotives : ainsi, la consommation de minium, blanc de céruse, chanvre, émeri, balais, huile de lin, goudron, etc.

(1) Une erreur s'est glissée dans les trois tableaux : les chiffres relatifs à *la Rapide* ont été placés vis-à-vis *l'Eure-et-Loire*, et *vice versâ*.

Prix de revient de LA RAPIDE.

	fr.	c.
La machine *la Rapide* a été payée 1400 liv. sterl. ou (au change de 25 f. 50.)	35,700	
Le tender dont elle est accompagnée a coûté 245 liv. sterl. ou . .	6,247	50
Le prix d'achat de *la machine et de son tender* a donc été de. . . .	41,947	50
auquel il faut ajouter pour avoir le prix de revient de la machine à Paris :		
1° Les droits de sortie.		
2° Les droits d'importation.		
3° Les frais de transport, d'emballage, d'emmagasinage.		
4° Les primes d'assurance.		
5° Les frais de montage.		
Toutes ces dépenses, dont on trouvera le détail ci-dessous, se sont montées à	13,184	40
ou à 31 p. 100 du prix d'achat.		
Le prix de revient de *la machine avec son tender* rendue à Paris, a donc été de.	55,131	90

La machine *la Rapide* ayant été expédiée en même temps qu'une autre locomotive également accompagnée de son tender, nous sommes obligés, pour conserver aux chiffres toute leur exactitude,

de donner dans le détail ci-dessous l'ensemble des dépenses pour les deux machines et les deux tenders.

Du reste, il est extrêmement rare qu'on n'expédie pas les locomotives par paires.

Prix de revient détaillé *de deux* locomotives *et de deux* tenders *de Sharp et Roberts, transportées de Manchester au chemin de fer de Versailles* (*rive gauche*),

Prix d'achat des deux locomotives à raison de 35,700 l'une.	71,400	
Prix d'achat des deux tenders à raison de 6,247,50 l'un.	12,495	
Caisses, emballage et chargement.	1,201	05
Frais de toutes espèces de Manchester au Hâvre. (*Voir plus bas*).	8,728	35
Transport par eau du Hâvre à Paris	1,500	
Droits de port à Saint-Ouen. .	150	
Transport à l'entrepôt des douanes et de là au chemin de fer. . .	700	
Frais de montage aux ateliers. .	1,000	
Droits à l'entrepôt.	62	90
Droits d'importation sur 80,000 f.	13,026	50
Total. . .	110,263	80

Prix d'une locomotive et son tender, 55,131,90.

Détail des frais de toutes espèces de Manchester au Hâvre.

Frais et debours à Londres :

	l. st.	sch.	p.
Déclarations et permis.	0	5	0
Droits de sortie.	17	6	6
Transport de Manchester à Londres.	121	0	9
Mécaniciens de Sharp et droits mis à bord.	25	0	0
Assurance sur 3400 l. st.	17	0	0
Police et timbre.	2	11	0
Courtage.	4	5	0
Assurance sur 200 l. st., police, etc.	1	3	0
Droits sur le navire.	1	15	0
Ports de lettres, timbre, etc.	0	11	0
Commission.	10	10	0
	201	7	3

Au change de 25 f. 60 = 5,155

Fret de Londres.	2,667
Débarquement et transbordement, ouvriers à la mâture, douane.	584 35
Frais divers de permis, plomb, toile, voilier; acquit de bateaux. .	122
Commission d'expédition. . .	200
	8,728 35

Les machines à voyageurs de Stephenson, à détente variable ou non, du chemin de fer d'Orléans, ont été achetées à raison de 1500 l. st., ce qui correspond à. . . . . 38,250 f.

Celles à marchandises ont été payées 1550 l. st. ou. 39,525

La moyenne des frais de toutes espèces, pour 24 machines à voyageurs, s'est élevée à 10,630 fr. par locomotive, de manière que le prix de revient moyen de ces machines a été de 48,880

Les frais accessoires ont donc élevé le prix d'achat d'environ 26 p. o/o.

Les machines à parallélogrammes de Hawthorn ont été achetées, par la compagnie du chemin de fer de la rive gauche, à raison de 1370 l. st. ou. . . 34,935 f.

La machine *le Matthieu-Murray* à 4 roues de Jackson a été payée par la même compagnie (le tender compris) . . . 28,000

Les machines de Hick, de Bolton, à 4 roues et à manettes ont été payées (tender compris) 1134 l. st. ou. . . 28,917

Quant aux machines françaises, elles sont revenues en moyenne, au chemin de fer d'Orléans (tous frais compris) à. 42,400

Les machines achetées par l'État, pour le chemin de fer du Nord, ont été adjugées pour. 35,000

Un tender à 6 roues, construit à Paris, chez M. Durenne, coûte. . . . 6,875
dont 2,025 fr. pour les trois paires de roues montées sur leurs essieux.

CHEMIN DE FER D'ALSACE.

Règlement relatif à la distribution de combustible et à la prime accordée aux mécaniciens pour les économies de coke. (*Extrait du corps des règlements et instructions.*)

Art. 482. Le coke nécessaire à l'allumage et au chauffage des machines locomotives, est distribué aux machinistes sur leur demande, par les agents préposés à ce service dans le magasin central de Mulhouse et dans les stations de Kœnigshoffen, Schlestadt, Colmar, Mulhouse et Saint-Louis.

Art. 483. Les machinistes, après avoir vu mettre devant eux sur leur tender, le nombre de paniers de coke qu'ils ont demandé, doivent donner à l'employé chargé de la distribution du coke,

un reçu indiquant le nom de leur machine, le nombre de paniers pris et la date du jour; ces reçus sont détachés d'un livre à souche et signés par les machinistes.

Les indications du bon devront être répétées sur la souche avec le plus grand soin.

Art. 484. Il sera délivré chaque jour à chacune des machines en service, deux sacs de menu coke neuf ou de vieux coke ramassé sur la voie : ces deux sacs devront être consommés dans la journée; ils seront portés au compte de la machine, qu'elle les prenne ou qu'elle ne les prenne pas.

Ce coke sera remis en sacs aux machinistes, afin qu'ils puissent le brûler en stationnement; pour cela ils devront, lorsqu'ils arrivent à une station où ils ont à rester pendant plusieurs heures, répandre sur leur feu, qui alors sera très-bas et très-excité par le tirage, une couche de menu coke; puis lorsqu'il sera allumé, le recouvrir de gros coke pris dans le tender. Ce même coke empêchera ainsi l'action trop vive du feu au commencement du stationnement, lorsque la machine sera encore en vapeur, et se trouvant entre deux couches de gros coke, il ne pourra ni passer à travers la grille sans brûler, ni boucher les tubes, comme cela arriverait si on le mettait en route ou s'il était mélangé avec le gros coke.

Art. 485. Les bons servant de reçu pour le menu ou vieux coke, seront semblables à ceux

désignés art. 483; mais ils seront imprimés sur papier de couleur. On devra suivre pour leur remise les mêmes formalités que pour ceux indiqués, art. 483.

Art. 486. Le coke sortant du foyer des machines, lorsqu'on jettera le feu à la fin de la journée, sera ramassé le lendemain matin par le chauffeur et remis par lui dans le tender; à cet effet les machinistes devront jeter leur feu, en marchant très-lentement en avant sur la voie, en dehors des hangars et à une distance convenable des bâtiments de la station et des wagons. Par ce moyen, le coke étendu sur la voie s'éteindra immédiatement, et il sera sec et facile à ramasser et à trier d'avec les scories du foyer; il résultera encore de ce mode d'extinction des machines, que la cendre ne volera pas sur le mécanisme, comme cela a lieu quand on jette le feu sur la fosse.

Art. 487. Il est alloué à chaque machiniste une prime pour l'économie dn combustible qu'il réalise sur une consommation fixée à l'avance pour les machines qui lui seront confiées.

Un tableau affiché dans les ateliers et les remises de locomotives, indique pour chaque saison et par kilomètre parcouru, la consommation de combustible au-dessous de laquelle les machinistes auront droit à la prime.

Art. 488. La prime accordée au machiniste est égale au tiers de la valeur du coke qu'il économise,

le prix du coke étant compté à raison de 6 fr. les 100 kilog.

Le menu coke ayant pour l'administration une valeur moindre que le gros et devant produire dans les machines moins d'effet utile, ne sera porté en compte aux machinistes que pour la moitié de son poids.

Art. 489. A la fin de chaque mois, un tableau de consommation de coke de chaque machine, indiquant les primes obtenues par les machinistes, sera affiché dans les ateliers de réparation et les remises des locomotives.

Ce tableau sera établi d'après le dépouillement des bons à souche remis par les machinistes.

Art. 490. Tout machiniste qui prendrait du coke dans des endroits autres que ceux désignés dans l'art. 484, qui n'accuserait pas sur ses bons la quantité réelle de coke qui lui serait remise, ou qui par tous autres moyens chercherait à faire paraître sa consommation moindre qu'elle n'est réellement, sera non-seulement privé des bénéfices qu'il aurait pu faire pendant tout le mois, mais encore sera sévèrement puni pour avoir cherché à faire, aux dépens de l'administration, des bénéfices frauduleux.

Art. 491. Les employés chargés de la distribution du coke devront justifier, au moyen des reçus donnés par les machinistes, de l'emploi du nombre des paniers qui leur aura été remis en compte; il

leur sera retenu comme amende le tiers de la valeur de tout le coke employé, pour lequel ils ne pourront pas produire de reçu.

Art. 492. Si la marche d'une machine venait à se ralentir, de manière à ce que les convois éprouvassent du retard et que cette lenteur pût être attribuée au désir du machiniste d'augmenter ses bénéfices aux dépens du service, en ralentissant volontairement sa marche, le chef des machinistes devra lui retenir les bénéfices de tout le mois, et en outre lui infliger une amende.

Art. 493. Pour tout service effectué en dehors de celui indiqué par la feuille de service, le machiniste doit demander un certificat au chef de station qui le lui a commandé; ce n'est qu'en présentant ce certificat, qu'il pourra se faire compter les kilomètres parcourus en sus du service fixé.

CHEMINS DE FER BELGES.

Règlement pour la comptabilité du coke destiné à l'alimentation des locomotives.

Art. 1er. Les machinistes sont responsables des quantités de coke qu'ils emploient pour l'alimentation des locomotives qui leur sont confiées.

Art. 2. Dans chaque station il sera ouvert à chaque machiniste un compte courant indiquant les quantités de coke qui lui seront délivrées, le nombre de lieues qu'il aura parcourues au moyen de ce combustible, et le nombre d'heures pendant lesquelles il aura entretenu le feu de la locomotive dans les stationnements.

Art. 3. L'administration donnera, à titre de gratification ou de prime, à chaque machiniste une part dans l'économie qui aura été faite dans le combustible employé à l'alimentation des locomotives.

Art. 4. A cet effet l'administration déterminera tous les trois mois les quantités maxima de coke qu'elle permettra d'employer pour une lieue de parcours et pour une heure de stationnement d'une locomotive. (Ces maxima seront arrêtés par le ministre, sur la proposition du directeur de l'administration.)

A la fin de chaque mois il sera dressé pour chaque machiniste un état du nombre de lieues qu'il aura parcourues et du nombre d'heures pendant lesquelles il aura stationné avec une machine allumée.

Les maxima présentés seront appliqués à ces nombres et feront connaître quelle est la quantité maximum de coke que le machiniste aurait pu consommer pendant le mois. La différence entre cette quantité maximum et celle qu'il aura réellement consommée, représentera soit l'économie que le machiniste aura faite, soit le déficit qu'il aura éprouvé.

Il sera alloué au machiniste une prime de 25 c. par hectolitre économisé (l'hectolitre pèse 35 kil.).

Une punition de un à cinq jours de retenue sur son salaire sera infligée au machiniste qui aura dépassé le maximum alloué. La quotité de cette punition se fixera d'après le plus ou le moins de déficit qu'il aura éprouvé. Cependant la retenue ne sera pas opérée s'il est reconnu et dûment constaté que le déficit éprouvé provient de causes indépendantes de la volonté du machiniste. A cette fin l'ingénieur mécanicien indiquera dans la colonne d'observations de l'état qu'il doit adresser à la direction, état dont il sera parlé plus bas, les causes du déficit obtenu par chaque machiniste. En outre, tout retard dans l'arrivée

de convois aux heures fixées aux tableaux de service dans les stations extrêmes, et lorsque ce retard ne proviendra pas de la rupture d'une pièce de la machine, de quelque autre accident ou de force majeure, donnera lieu à une retenue de 15 c. par minute de retard sur la prime qui pourrait être due au machiniste du chef d'économie.

Art. 5. Tous les machinistes du chemin de fer recevront un numéro d'ordre.

Art. 6. A la fin de chaque mois, les machinistes recevront de la direction, par l'intermédiaire de l'ingénieur mécanicien, le nombre de coupons que celui-ci jugera nécessaire à chacun d'eux pour son service du mois suivant. Ces coupons seront de deux couleurs différentes : les uns seront rouges et représenteront des bons pour cinq hectolitres de coke, les autres seront jaunes et représenteront des bons pour dix hectolitres.

Chaque coupon portera le numéro du machiniste auquel il est destiné. Il donnera droit à ce machiniste et à lui seul, de recevoir cinq ou dix hectolitres de coke, dans une des stations de la ligne qu'il parcourt.

Art. 7. Les coupons en question formeront une monnaie qui aura cours entre les machinistes dont ils porteront le numéro et les chefs de station de la ligne, pour l'échange du coke.

Les chefs de station ne pourront délivrer de

coke aux machinistes que contre un coupon, et ils devront justifier, au moyen des coupons qu'ils auront reçus, de l'emploi du coke qui aura été soit fabriqué, soit expédié dans leur station.

D'autre part, le nombre des coupons qu'un machiniste aura délivrés dans les stations de la ligne servira à établir la consommation qu'il aura faite.

Art. 8. A la fin de chaque mois, les chefs de station enverront à l'ingénieur mécanicien un état indiquant pour chaque machiniste attaché à leur station le nombre de lieues qu'il aura parcourues pendant le mois et le nombre d'heures de stationnement employées à entretenir le feu de la locomotive, soit dans leur station, soit dans toute autre où le machiniste se sera arrêté. Dans ce dernier cas, la durée du stationnement sera calculée d'après les tableaux de service.

Dans aucun cas il ne sera tenu compte des stationnements qui auront lieu dans un trajet, soit que ces stationnements proviennent de la faute du machiniste ou de toute autre cause, soit même qu'ils aient été prévus dans la marche ordinaire des convois.

L'ingénieur, au moyen de ces états, en dressera un troisième qui indiquera pour chaque machiniste la quantité de coke qu'il aura reçue dans chaque station, le total de ces quantités, c'est-à-dire la consommation pendant le mois, le travail

qu'il aura effectué, tant en lieues de parcours qu'en heures de stationnement, la quantité de coke maximum qu'il pouvait consommer pour ce travail, l'économie ou le déficit qu'il aura fait sur cette consommation maximum, et enfin le nombre de minutes de retard dans l'arrivée des convois.

Cet état, certifié par l'ingénieur mécanicien, sera adressé à la direction, avec les coupons comme pièce à l'appui : ceux-ci seront détruits aussitôt que la vérification des états des ingénieurs mécaniciens aura été terminée.

Le directeur de l'administration des chemins de fer en exploitation dressera, au moyen de l'état envoyé par chaque ingénieur mécanicien : 1° un état général de la consommation de coke, du travail exécuté par les divers machinistes, ainsi que le montant total des primes qui leur seront dues du chef des économies qu'ils pourront avoir faites ; 2° un état par station des primes dues aux machinistes attachés à cette station. Il adressera ces états en double expédition à M. le ministre des travaux publics qui, après les avoir revêtus de son approbation, les transmettra au directeur de la régie pour être acquittés.

Art. 9. Les machinistes ne seront pas admis à réclamer, quant au nombre de coupons portant leur numéro que les chefs de station auront en leur possession. Tout coupon qui se trouvera

entre les mains d'un chef de station prouvera que ce chef de station a délivré et que le machiniste a reçu les quantités de coke portées sur le coupon.

Art. 10. Pour donner à cet égard aux machinistes toutes les garanties nécessaires, un même coupon ne pourra plus être employé une seconde fois, et tous les coupons porteront en chiffres romains le numéro du mois pendant lequel ils seront valables ; en sorte qu'il ne puisse leur être porté en compte que des coupons délivrés par eux-mêmes.

Art. 11. L'allumage des machines et l'entretien des machines de réserve se feront au moyen du coke qui sera mis à la disposition du chef d'atelier par le chef de station, contre reçu de la part du premier. Ces reçus consisteront en coupons de couleur blanche, semblables à ceux qui seront délivrés par les machinistes; seulement, au lieu de porter le numéro d'ordre, ils devront être revêtus de la signature ou du paraphe du chef d'atelier; les coupons pour l'allumage des machines porteront le mot *allumage*, ceux pour les machines de réserve, le mot *réserve*. Ces reçus devront être également joints comme pièces à l'appui à l'état mensuel de la consommation du coke que les chefs de la station ont à envoyer à l'ingénieur mécanicien de leur ligne. Les quantités maxima de coke qui pourront être em-

ployées à l'allumage des machines ainsi qu'à l'alimentation des machines de réserve, seront déterminées à l'avance et en même temps que les quantités maxima accordées pour les parcours et les stationnements.

Art. 12. Dans le cas où les chefs d'ateliers emploieraient du petit coke, soit à l'allumage des machines, soit à l'alimentation des machines en réserve, les chefs de station auront soin d'en faire une mention spéciale dans l'état qu'ils adresseront à l'ingénieur mécanicien; ce dernier en fera également mention dans l'état qu'il transmettra à la direction.

Bruxelles, 1er janvier 1843.

Les quantités de coke allouées pendant les deux premiers semestres de 1843 ont été de :

11k66 par kilomètre parcouru par une machine de 14 pouces.

8k75 par kilomètre parcouru par une machine de 14 pouces.

280k pour l'allumage d'une locomotive.

17k50 pour chaque heure de réserve.

Digitized by Google

LÉGENDES EXPLICATIVES

DES PLANCHES.

PLANCHE 1.

ÉLÉVATION DE LA MACHINE.

(Échelle de 0^m10 pour mètre = 1/10.)

A. Boîte à feu, recouverte de douves en bois pour la garantir du contact de l'air extérieur.

P. Tube en verre servant à reconnaître la hauteur de l'eau dans la chaudière.

P^1 P^2 P^3. Robinets en cuivre, destinés à remplir le même but que le tube P.

P^4. Robinet servant à conduire dans le tender, par le tuyau P^5, la vapeur qu'on veut condenser dans l'eau d'alimentation pour la réchauffer.

Q. Levier de la soupape de sûreté placée sur la boîte à feu et renfermée sous un dôme, pour que la vapeur ne vienne pas gêner le mécanicien.

Q^3. Plateau en cuivre renfermant la plaque fusible; ce plateau porte à sa partie inférieure un robinet qui sert à intercepter ou à établir la communication avec la chaudière.

o''. Levier en fer, à l'aide duquel le mécanicien manœuvre le régulateur.

v. Sifflet à vapeur.

f. Levier de changement de marche. Sa position correspond à l'embrayage des fourchettes de la marche en en avant.

q. Tringle en fer qui communique aux robinets purgeurs ; elle porte deux encoches et s'appuie sur une petite chape en fer. Quand elle est dans la première entaille, les robinets sont fermés ; quand elle est dans la seconde, ils sont au contraire ouverts.

N[7]. Petit robinet disposé de chaque côté de la boîte à feu, servant à la vérification du jeu des pompes.

S. Pompe aspirante et foulante, fixée entre la paroi de la boîte à feu et la balustrade, sur le côté droit de la plate-forme où se tient le mécanicien ; cette pompe se manœuvre à la main et est destinée à alimenter la chaudière en place.

S′. Tuyau d'alimentation de la pompe S, aboutissant à la conduite N[4], qui communique au tender.

w. Douille en fer dans laquelle le mécanicien place le soir une petite lanterne qui éclaire le tube P, du niveau d'eau.

B. Corps de la chaudière proprement dite renfermant les tubes de fumée ; il est recouvert de bois comme la boîte à feu.

tt. Main-courante en cuivre, disposée de chaque côté de la chaudière pour donner un point d'appui au mécanicien quand, en marche, il circule sur le châssis de la machine.

D′. Dôme en cuivre jaune enveloppant un second dôme en tôle de fer, sous lequel se trouve le régulateur.

Q′. Levier en fer d'une seconde soupape de sûreté fixée à la partie supérieure du dôme D′.

r. Boîte à huile en bronze d'où partent sept tuyaux en cuivre rouge munis de robinets, qui distribuent l'huile sur les organes du mécanisme sujets à s'échauffer ou à gripper.

C. Boîte à fumée en tôle non recouverte de bois.

c'. Cheminée en tôle fixée sur la boîte à fumée à l'aide d'une console en fonte.

c''. Panier en fils de fer croisés destiné à retenir les étincelles de coke.

w'. Lanterne qu'on place le soir, et destinée à éclairer la voie et à indiquer l'approche de la machine ; elle est munie d'un verre vert.

t'. Petite porte servant à l'expulsion des cendres de coke qui s'accumulent dans l'intérieur de la boîte à fumée.

q' q'. Robinets purgeurs.

T T. Côté droit du châssis de la machine, composé de deux plaques de tôle découpées, entre lesquelles se trouve placé un madrier en chêne de même longueur.

T' T' T'. Parties des châssis, nommées plaques de garde, servant à guider le mouvement des boîtes à graisse.

u u u. Boîtes à graisse en bronze, dans lesquelles tournent les fusées des trois essieux.

V. Ressort de suspension des roues motrices composé de treize feuilles d'acier.

p p. Chappes en fer réunies par un écrou fileté en deux sens et destiné à faire bander et débander le ressort.

V'. Ressort de suspension des roues de devant, disposé comme celui des roues motrices.

V''. Ressort de suspension des roues de derrière : ils ne peuvent, comme les précédents, servir à répartir à volonté la charge de la machine.

X. Traverse en chêne formant la partie antérieure du châssis et portant deux tampons garnis de crin et un émérillon en fer pour recevoir la chaîne d'attelage.

Y. Chaîne d'attelage servant quand on accouple deux machines. Dans le crochet il y a un petit arrêt *y* qui s'oppose fort bien à la sortie du maillon embrassé.

y^2. Chasse-pierre en fer débarrassant les rails des corps étrangers qui pourraient s'y trouver.

t^2 t^2. Deux marche-pieds en tôle.

M. Roue motrice tout en fer, à l'exception du moyeu.

s. Contre-poids servant à faire équilibre aux deux manivelles de l'essieu moteur. Il est disposé de manière à diviser en deux parties l'angle droit formé par les coudes.

L'. Manivelles de l'essieu moteur.

k. Bielle.

d. Barre du collier de l'excentrique de la marche en avant.

PLANCHE 2.

COUPE EN LONG,

(Échelle de 0^m10 pour mètre = 1/10.)

A'. Caisse intérieure de la boîte à feu, en cuivre rouge.

A''. Un des quatorze barreaux en fer qui supportent le combustible.

A^4 A^4 A^4. Tringles en fer servant à relier la partie antérieure de la boîte à feu avec la plaque de la boîte à fumée qui reçoit les abouts des tubes. Ces tringles sont ajustées dans des pattes rivées sur ces parois et fixées à l'aide de petites clavettes. Elles s'opposent aux déformations des parties verticales et planes de la chaudière.

A^5. Porte ovale pour le chargement du coke.

u'. Barre d'attelage en fer reliant le tender avec la machine.

u. Boulon d'attelage de la barre *u'*.

B' B' B'. Tubes de fumée en laiton au nombre de 134.

D. Dôme en tôle formant récipient de vapeur.

E^2. Coupe de l'appareil, dit régulateur, au moyen du-

quel le mécanicien établit ou intercepte la communication de la chaudière avec les cylindres.

O′. Tringle en fer traversant toute la chaudière, et servant à la manœuvre du régulateur.

t^3. Récipient pour les dépôts de l'eau.

E′. Tuyau en fonte conduisant la vapeur dans les cylindres.

E″. Tuyau parallèle à ce tuyau E′ conduisant dans l'atmosphère la vapeur qui a fait son effet.

E^5. Coupe du tuyau d'échappement.

C‴. Plaque en fer percée de trous, s'opposant à la projection de fragments de coke.

G. Cylindre en fonte.

F′ et F″ Lumières par lesquelles la vapeur entre dans le cylindre ou en sort.

F‴. Orifice par lequel la vapeur se rend dans la cheminée.

F^4. Tiroir en bronze servant à mettre successivement en communication la lumière F‴ soit avec celle F′, soit avec celle F″.

F. Couvercle de la boîte des lumières, portant une côte destinée à appliquer la coquille contre la table des orifices.

z. Tirant servant à boucher le trou par lequel on graisse le tiroir.

w^2. Appareil par lequel on introduit du suif fondu pour le graissage des pistons.

H. Piston en fonte.

H′. Tige du piston.

h′. Longereau en fer. Il y en a deux vers le milieu du cadre.

a′. Excentrique de la marche en arrière.

c'. Collier en fer de l'excentrique de la marche en arrière.

a. Excentrique de la marche en avant.

e. Collier en fer correspondant.

d'. Barre de l'excentrique de la marche en arrière.

d. Barre de l'excentrique de la marche en avant.

e. Arbre de distribution.

e^1 et e^2. Leviers qui y sont adaptés.

e^3. Manneton que vient embrasser la fourchette de la marche en arrière.

e^4. Petites bielles qui transmettent le mouvement de l'arbre de distribution e à la tige du collier qui embrasse le tiroir.

e^6. Tige du collier du tiroir.

f'. Barre de fer transmettant le mouvement que le mécanicien imprime au levier de changement de marche f.

g. Arbre de changement de marche portant les leviers f^3 f' et f^2, venus à la forge avec lui. Les leviers f^3 f^2 sont reliés avec la tête de la fourchette de la marche en avant.

g'. Boulon passant au travers d'nne pièce f^4 f^5, dont l'extrémité du levier f^5 porte les tiges de suspension des fourchettes de la marche en arriere.

f^6. Tige de suspension des fourchettes de la marche en arrière.

N. Corps de la pompe alimentaire de gauche.

N''. Chapelle pour la soupape d'aspiration.

N''' N'''. Chapelles pour les soupapes de refoulement.

N^4. Tuyau de refoulement.

N^5. Robinet servant à intercepter la communication de la chaudière avec la pompe en cas de réparation de celle-ci.

N^6. Tnyau d'alimentation.

O. Genou permettant de visiter la soupape N'' en dispensant du démontage du tuyau N^4.

o. Genou facilitant à la machine le passage des courbes.

LANCH E 3.

VUES PAR BOUT.

(Échelle de 0m10 pour mètre = 1/10.)

Fig. 1. Élévation de la machine du côté de la plate-forme du mécanicien.

Fig. 2. Élévation du côté de la boîte à fumée.

Les mêmes objets étant marqués des mêmes lettres, les légendes précédentes suffisent pour l'intelligence des figures de cette planche.

PLANCHE 4.

COUPES TRANSVERSALES.

(Échelle de 0m10 pour mètre = 1/10.)

Fig. 1. Coupe transversale de la machine suivant la ligne 3 4 de la coupe longitudinale, pl. II.

Fig. 2. Coupe transversale passant par l'axe de la cheminée.

PLANCHE 5.

PLAN ET DÉTAILS.

(Échelle de 0m10 pour mètre = 1/10, et de 0m20 pour mètre = 1/5.)

Fig. 1. Coupe horizontale de la machine faite au-dessous de la partie cylindrique de la chaudière.

A'''. Plate-forme sur laquelle se tient le mécanicien.

T T. Brancards du châssis.

V V V′ V′. Ressorts de suspension des roues motrices et de celles de devant.

h′ h′. Longereaux intérieurs en tôle.

h h. Longereaux latéraux en tôle.

i i i i. Glissières des pistons.

l l″ l″. Entretoise en fonte pour maintenir l'écartement des quatre longereaux.

l′. Seconde entretoise disposée de manière à pouvoir retenir les barres des excentriques de la marche en arrière en cas de rupture des tiges de suspension.

g g. Arbre de changement de marche.

e e, *e e*. Arbres de distribution.

Fig. 2. Détail de l'entretoise en fonte *l l″ l″*.

Fig. 3. Détail d'un des longereaux extérieurs *h*, sur lesquels sont fixés les entretoises en fonte *l l′*, les glissières *i*, les pompes N, ainsi que les supports des arbres de distribution *e*, et de celui de changement de marche *g*.

Fig. 4 et Fig. 4_1. Détails du longereau intérieur *h′* avec les coussinets qui embrassent l'essieu moteur.

Fig. 5 et Fig. 5_1. Détails à l'échelle de 1/5 d'une moitié de l'essieu coudé. Entier, il pèse 400 kilogr.

Fig. 6. Vue de face d'une boîte à graisse en bronze, dont le poids est 24^k50.

Fig. 6_1. Coupe horizontale.

Fig. 6_2 et Fig. 6_3. Vue latérale et coupe longitudinale.

Fig. 6_4 et Fig. 6_5. Vue postérieure et vue en dessus.

Fig. 6_6, Fig. 6_7, Fig. 6_8 et Fig. 6_9. Détails de la plaque en bronze qui est fixée à la partie inférieure de la boîte à graisse, à l'aide de quatre goupilles, qui sert à garantir la fusée des projections de sables.

Fig. 7 et Fig 7_1. Détails d'un coussinet de longereau adopté dans les machines de Jackson.

PLANCHE 6.

DÉTAILS DES PIÈCES RELATIVES AU MÉCANISME DE DISTRIBUTION.

(Échelle de 0m20 pour mètre = 1/5.)

Fig. 1 et Fig. 1_1. Plan et coupe du piston à vapeur, pesant 58 k.

Fig. 2 et Fig 2_1. Élévation et plan d'une des bielles, pesant 80 kilogr., qui se répartissent ainsi :

Corps de la bielle.	37k	30
Grande chappe.	12	80
Grands coussinets.	12	70
Petite chappe.	9	60
Petits coussinets.	1	50
Quatre clavettes et contre-clavettes, vis de pression et queues d'hironde. .	5	40
Un boulon.		70
	80	00

Fig. 2_2. Détail de la petite tête de la bielle.

Fig. 2_3 et Fig. 2_4. Coupe des coussinets en bronze de la petite tête.

Fig. 3. Ensemble de la crosse du piston, du plongeur de la pompe et des coulisseaux de glissière.

Fig. 3_1 et Fig. 3_2. Élévation latérale et vue par bout de la crosse du piston.

Fig. 4 et Fig. 4_1. Vue de face et élévation latérale d'un des arbres de distribution dont le poids est 21k50. Cet arbre est forgé d'une seule pièce.

Fig. 5 et Fig 5_1. Ensemble du tiroir, de sa coquille et des chapes qui le guident.

Fig. 6 et Fig 6_1. Ensemble du petit arbre g' servant au changement de marche : son poids est de 10^k30.

Fig. 7 et Fig. 7_1. Vues de face et de côté d'une des tiges de suspension des fourchettes de la marche en arrière ; son poids est 3^k20.

Fig. 8 et Fig. 8_1. Élévation et plan du collier d'un excentrique de la marche en avant, entièrement en fer ; son poids est de 37^k.

Fig. 8_2 et Fig. 8_3. Élévation et coupe transversale de l'excentrique de la marche en avant, fondu d'une seule pièce et pesant 18^k.

Fig. 9 et Fig. 9_1. Élévation et plan du collier d'un excentrique de la marche en arrière, entièrement en fer ; son poids est de 36^k.

Fig. 9_2 et Fig. 9_3. Vue de face et coupe d'un excentrique de la marche en arrière, pesant 22^k70.

Fig. 10 et Fig. 10_1. Vue de face et élévation de côté de l'arbre de changement de marche, pesant 34^k80.

Fig. 11 et Fig. 11_1. Vue latérale et vue de côté du levier de changement de marche.

Fig. 11_2. Plan des segments en fer dans lesquels il glisse.

Fig. 11_3 et Fig 11_4. Détail du levier.

PLANCHE 7.

DÉTAILS DIVERS.

(Échelle de 0^m20 pour mètre = 1/5.)

Fig. 1. Coupe longitudinale d'une des pompes d'alimentation ; son poids est de 36^k.

Fig. 1_1. Détail d'une des cages de boulet.

Fig. 1_2 et Fig. 1_3. Détail d'un boulet creux.

Fig. 1_4 et Fig. 1_5. Élévation et coupe du siége du boulet.

Fig. 2 et Fig. 2_1. Vues latérale et de face du niveau d'eau.

Fig. 3, Fig. 3_1, Fig. 3_2. Élévation vue de côté et coupe de l'appareil dit régulateur.

Fig. 4 et Fig. 4_1. Coupe et plan d'une des soupapes de sûreté.

Fig. 4_2 et Fig. 4_3. Détail de l'appui du levier.

Fig. 4_4 et Fig. 4_5. Coupes de la balance de la soupape.

Fig 5 et Fig. 5_1. Élévation et coupe du sifflet à vapeur.

Fig. 6. Coupe d'une portion de roue motrice. La roue entière pèse 680^k.

Fig. 6_1. Vue de face d'une portion de la même roue.

Fig. 6_2. Plan de la jante à laquelle sont soudées les raies en fer avec le détail de la fabrication.

Fig. 7 et Fig. 7_1. Élévation et plan de la barre d'attelage en fer de la machine et du tender; son poids est de 28^k.

Fig. 7_2. Élévation d'un des boulons qui servent à la fixer.

Fig. 8 et Fig. 8_2. Élévation et plan vu en dessous d'un des ressorts de suspension des roues motrices, pesant 86^k, savoir :

Ressort seul.	65^k
Une bride.	5
Quatre chappes.	11
Deux vis.	4
Total. . . .	86

Fig. 8_1. Vue de côté des chappes de suspension.

Fig. 9 et Fig. 9_1. Élévation et coupe de la boîte à huile en bronze, pesant 8^k50.

Fig. et Fig. 10_1. Élévation et vue par bout de la burette en col de cygne, en fer-blanc, servant au graissage des organes de la machine.

Fig. 11 et Fig. 11_1. Vues d'un des robinets purgeurs.

Fig. 12. Essieu droit des roues de devant ou de derrière, pesant 155^k.

Fig. 13 et Fig. 13_1. Élévation et plan d'un des barreaux en fer de la grille ; son poids est de 10^k.

PLANCHE 8.

TENDER DE SHARP ET ROBERTS. (NOUVEAU MODÈLE.)

(Échelles de 0^m10 pour mètre = 1/0, et de 0^m20 pour mètre = 1/5.)

Fig. 1. Élévation du tender.

A. Caisse en tôle.

B. Brancard des châssis, également en tôle.

C C. Roues entièrement en fer, à l'exception du moyeu. Elles sont de même diamètre que les petites roues de la machine, pour pouvoir être échangées au besoin.

D D. Boîtes à graisse en fonte.

E E. Plaques de garde pour guider les mouvements des boîtes à graisse.

F F. Ressorts de suspension venant à l'extérieur du tender, autour duquel est ménagée une galerie.

G. Tige de ressorts venant reposer sur la boîte à graisse.

H H. Brides des ressorts. Il y en a quatre pour chaque ressort ; elles sont fixes.

I. Robinet en bronze servant à donner issue à l'eau du tender. Il y en a un de chaque côté.

J. Clé à l'aide de laquelle on manœuvre le robinet I.

K. Tuyau en cuivre par où descend l'eau.

L. Tuyau de raccord en cuivre qui met en communication les tuyaux d'aspiration des pompes de la machine avec les conduits K du tender.

M. Boîte renfermant un ressort à boudin terminé par un crochet où s'accroche une chaîne qui soutient le tuyau L.

N. Barre d'attelage de la machine et du tender.

O. Boulon fixant cette barre avec le tender.

P. Chaîne de sûreté placée à droite et à gauche de la barre d'attelage pour en faire office dans le cas où celle-ci viendrait à manquer.

Q. Trappe en tôle pour retenir le coke, afin qu'il ne vienne pas sur la plate-forme, où se tient le chauffeur.

R. Vis à l'aide de laquelle on fait monter et descendre la trappe Q.

S. Couvercle qui bouche l'ouverture par laquelle on introduit l'eau dans le tender.

T T. Crochets, au nombre de quatre, servant à soulever le tender.

U. Caisse à outils de la machine, dans laquelle se trouvent:

9 clés à fourchettes.
1 clé à douille.
1 clé pour les excentriques,
1 broche.
2 clés à argots.
1 tirefond.
1 clé à clavette.
3 burins,
2 massettes en cuivre.
1 chasse-goupilles.
1 bidon à huile.
2 burettes en fer-blanc.
4 raccords en cuivre.
4 limes.
1 tournevis.

V. Tiges de tampons dont les extrémités viennent poser sur un ressort horizontal placé en arrière du tender.

W. Crochets d'attelage.

a. Arbre de frein sur lequel sont calés un levier *l*, deux leviers parallèles *c*, deux leviers parallèles *d*, enfin un levier à douille *n*.

a'. Arbre semblable à celui *a*, dont il reçoit le mouvement par la barre *m*.

b b'. Plaques de tôle dans lesquelles sont fixés les arbres *a* et *a'*. Ces plaques sont au nombre de quatre, et parallèles deux à deux.

g g' k k'. Plaques de patins en tôle, contre lesquelles se fixent les sabots en bois *i*.

o. Vis servant à serrer le frein.

p. Manivelle à l'aide de laquelle on manœuvre la vis.

Le frein de ce tender est extrêmement puissant; il permet de serrer deux des roues sur quatre côtés à la fois. En effet, quand on fait agir la vis, le levier *n* s'élève, l'arbre *a* tourne sur lui-même, le levier *d* bascule et le patin *k* s'applique entre la jante de la roue; en même temps la branche *b* se renverse en sens contraire, entraîne le patin *g* par l'intermédiaire de deux tringles parallèles *e* qui embrassent la roue, et le sabot en bois *i* presse le cercle extérieur de la roue; la même action se transmet à la roue de derrière à l'aide de la barre *m*, liée d'une part à une manivelle *l* calée sur l'arbre *a*, et de l'autre côté à une manivelle parallèle *l'* fixée sur l'arbre *a'*.

Fig. 2 et Fig 2₁. Coupe longitudinale et vue en dessus, à l'échelle de 1/5, d'une des boîtes à graisse en fonte des roues du tender; elle pèse 42ᵏ, dont :

La boîte proprement dite.	21ᵏ
Le coussinet en bronze *v*.	7
Le fond en fonte.	7
Le couvercle.	7
Total.	42

v. Coussinet en bronze reposant sur la fusée de la roue.

w. Coussinet en fonte servant à garantir la fusée des projections de sable.

z. Plaque en tôle formant couvercle, pour l'introduction de l'huile.

Fig. 2_2 et Fig. 2_3. Coupe transversale et plan vu en dessous de la boîte.

Fig. 3 et Fig. 3_1. Vue de face et élévation latérale du crochet d'attelage.

Fig. 3_2. Détail du boulon qui le fixe.

Fig. 4, Fig. 4_1 et Fig. 4_2. Coupe longitudinale, horizontale, et vue de côté de la boîte de suspension du tuyau de raccord L.

Fig. 5, Fig. 5_1 et Fig. 5_2. Coupe en long, et sections transversales du tuyau de raccord L.

PLANCHE 9.

PLAN DU TENDER DE SHARP ET ROBERTS.

Frein du chemin de fer de Versailles (rive gauche).

(Échelle de 0^m10 pour mètre = 1/10.)

Fig. 1. Vue en dessus et coupe horizontale du tender de Sharp et Roberts.

Fig. 2. Élévation d'un frein de tender employé au chemin de fer de Versailles (rive gauche).

Ce frein se distingue de celui de Sharp et Roberts en ce qu'il permet de rapprocher les sabots des roues au fur et à mesure de l'usure que produisent les frottements, et qui est fort important. En effet, comme on ne peut trouver pour faire les patins des bois d'une égale densité, il arrive souvent qu'un des sabots s'use plus vite que les autres, et que par cela même il cesse de s'appliquer

contre la roue, par conséquent d'agir. Pour remédier à cet inconvénient il suffit, dans le frein représenté Fig. 2, d'allonger soit une des tiges fretées *e e*, soit une de celles *i i*,

Fig. 3 et Fig. 3_1. Détail d'un patin extrême.

Fig. 4 et Fig. 4_1. Plan et élévation du levier de la vis.

Fig. 5 et Fig. 5^1. Détail d'un patin intérieur.

Fig. 7 et Fig, 7_1. Vue de face et vue de côté de la pièce formant balancier.

PLANCHE 10.

DISPOSITIONS DIVERSES DE TRANSMISSION DE MOUVEMENT AUX TIROIRS DES MACHINES LOCOMOTIVES.

(Échelle de 0^m10 pour mètre = 1/10.)

Fig. 1. Disposition de Sharp et Roberts (marche en avant).

Fig. 1_1. Disposition du même mouvement pour la marche en arrière.

Fig. 2. Mouvement de Stephenson dans *la Victorieuse*, marchant sur le chemin de fer de Versailles (rive gauche).

Fig. 3. Disposition de Stephenson dans *Monge*, circulant sur le chemin de fer de Paris à Orléans. (Cette disposition avait été adoptée précédemment par Hawthorn dans *la Saint-Cloud* [chemin de fer de Saint-Germain]).

Fig. 4. Mouvement de Hawthorn adopté dans *Fulton* (chemin de fer de Paris à Orléans).

Fig. 5. Transmission de mouvement sans excentriques des machines de Hawthorn livrées au chemin de fer de Versailles (rive gauche).

Fig. 6. Mouvement de M. Clapeyron (chemin de fer de Versailles [rive droite]).

Fig. 7 et Fig. 7_1. Système de distribution directe des

machines de Pauwels circulant sur le chemin de fer de Lille à la frontière belge.

PLANCHE 11.

MACHINES A DÉTENTE VARIABLE ET DÉTAILS DIVERS.

(Échelle de 0m10 pour mètre = 1/10.)

Fig. 1. Mouvement des machines du chemin de Rouen.

Fig. 2 et Fig. 2_1. Distribution à détente variable de Mayer.

Fig. 2_2. Élévation de face de la roue qui sert à la manœuvre des pièces de la détente.

Fig. 3. Mouvement à détente variable de Stephenson.

Fig. 1 et Fig. 4_1. Vue de face et coupe longitudinale du régulateur de la machine *la Victorieuse*, de Stephenson, et des machines de Hawthorn.

Fig. 5 et Fig. 5_1. Coupe et plan du tuyau d'échappement variable de Stephenson.

Fig. 6 et Fig. 6_1. Coupes longitudinale et transversale du régulateur à tiroir de Stephenson.

Fig. 7, Fig. 7_1, Fig. 7_2 et Fig. 7_3. Élévation, plan, coupe et vue en dessous des soupapes et sifflets des nouvelles machines de Stephenson.

Fig. 8 et Fig. 8_1. Plan et vue de côté de l'arbre de changement de marche du système de Stephenson, représenté Fig. 3, Pl. 10.

Fig. 9 et Fig. 9_1. Élévation et vue de côté de l'arbre de distribution, du même système.

Fig. 10. Nouvelle bielle de Stephenson.

Fig. 10_1, Fig. 10_2, Fig. 10_3 et Fig. 10_4. Détails des coussinets de la bielle.

Fig. 10_5. Chappe de la bielle.

Fig. 10_6 et Fig. 10_7. Plan d'élévation à l'échelle de 1/5 du cliquet.

Fig. 10_8. Écrou à rochet en acier.

Fig. 11 et Fig. 11_1. Plan et élévation des guides du tiroir dans les machines de Stephenson.

Fig. 12 et Fig. 12_1. Plan et coupe d'un piston de Stephenson.

Fig. 13 et Fig. 13_1, Fig. 14 et Fig. 14_1. Détail des pièces servant au changement de marche dans les machines de Hawthorn, du système représenté Fig. 4, Pl. 10.

Fig. 15 et Fig. 15_1. Élévation et vue de face de l'arbre de distribution des mêmes machines.

Fig. 16 et Fig. 16_1, Fig. 17 et Fig. 17_1. Détail de la machine *le Fulton*.

Fig. 18. Système de détente variable de Gonzenbach.

PLANCHE 12.

(*Placée à la fin du texte.*)

TRACÉS RELATIFS A LA DISTRIBUTION DE LA VAPEUR.

(Échelles de 0^m50 pour mètre = 1/2, et de 1^m25 pour mètre = 1/4.)

Fig. 1. Tracé des relations qui existent entre la marche du tiroir et celle du piston dans la machine *la Rapide*.

Fig. 2. Épure servant à trouver les recouvrements à donner au tiroir pour une détente et un échappement donnés.

2517668 D

TABLE DES MATIÈRES.

Pag.

INTRODUCTION. V

PREMIÈRE PARTIE. — *De la chaudière et des accessoires.*

Matériaux employés. 3
Corps de la chaudière. 4
Boîte à feu. 6
Grille 9
Tableau comparatif de dimensions de foyers. 12
Boîte à fumée. 13
Tubes de fumée. 17
Tableau comparatif de dimensions de tubes de fumée. . 21
Surfaces de chauffe. 22
Tableau comparatif de dimensions de surfaces de chauffe. 23
Vaporisation par mètre carré. 24
Cheminée. 25
Tableau comparatif de dimensions de cheminées. . . . 27
Tirage. 28
Poids de la chaudière. 29
Appareils d'alimentation. . . . . *Id.*
Tableau comparatif de dimensions de pompes. 34
Tuyaux de raccordement. 39
Appareils de sûreté. 40
Tableau comparatif de dimensions de soupapes de sûreté. 44
Plaque fusible 45
Niveau d'eau et robinets d'épreuve. 46

Pag.
Sifflet à vapeur. 47
Trou d'homme. 49
Robinet de vidange. . . . . *Id.*
Bouchons de nettoyage. . . . . *Id.*
Tuyau réchauffeur. 50
Cendrier 51
Tableau comparatif de dimensions de chaudières. . . . 53

DEUXIÈME PARTIE. — *De la distribution de la vapeur et de l'application de la détente.*

Prise de vapeur. 55
Régulateur. 56
Tuyaux de conduite de vapeur. 61
Tuyau d'échappement. 62
Tableau comparatif de dimensions de tuyaux d'échappement. 64
Boîtes des lumières. 65
Tableau comparatif de dimensions de lumières à vapeur. 68
Mouvement des tiroirs. 69
Marche isolée des pistons et des tiroirs. 71
Collage des excentriques. 75
Avance du tiroir. 76
Angles de calage pour une distribution avec avance. . . 79
Effets de l'avance. 81
Recouvrement extérieur. Détente. 82
Recouvrement intérieur. 85
Construction de la courbe indiquant la marche relative des tiroirs et des pistons. 88
Détermination des recouvrements extérieur et intérieur pour des effets prescrits. 95
Tableau de la distribution de la vapeur dans 18 *locomotives.* 104
Discussion du tableau. 106
Calculs de l'effet utile de la vapeur. 110

Pag.

Tableau comparatif du travail et de l'effet utile de la vapeur 116
Transmission de mouvement aux tiroirs. 118
Mécanisme de Sharp et de Roberts. 119
Id. de *la Victorieuse* de Stephenson 127
Id. de *Monge* *Id.* 129
Id. de *Fulton* de Hawthorn. 131
Id. à parallélogramme *Id.* 133
Id. de M. Clapeyron. 135
Id. des machines de Rouen. 136
Id. à transmission directe de Pauwels et Stephenson. 138
Machines à détente variable. 140
Détente variable de Cabry. 143
Détente variable de Stephenson. 146
Détente variable de Mayer. 156
Détente variable de Gonzenbach. 161
Piston. 164
Tiges, crosses et glissières des pistons. 166
Bielles. 168
Tableau comparatif de dimensions de bielles. 175
Excentriques. 176
Colliers et fourchettes d'excentrique. 177
Arbres de distribution. 179
Levier de changement de marche. 181
Boîte à huile 182
Robinets purgeurs. 183

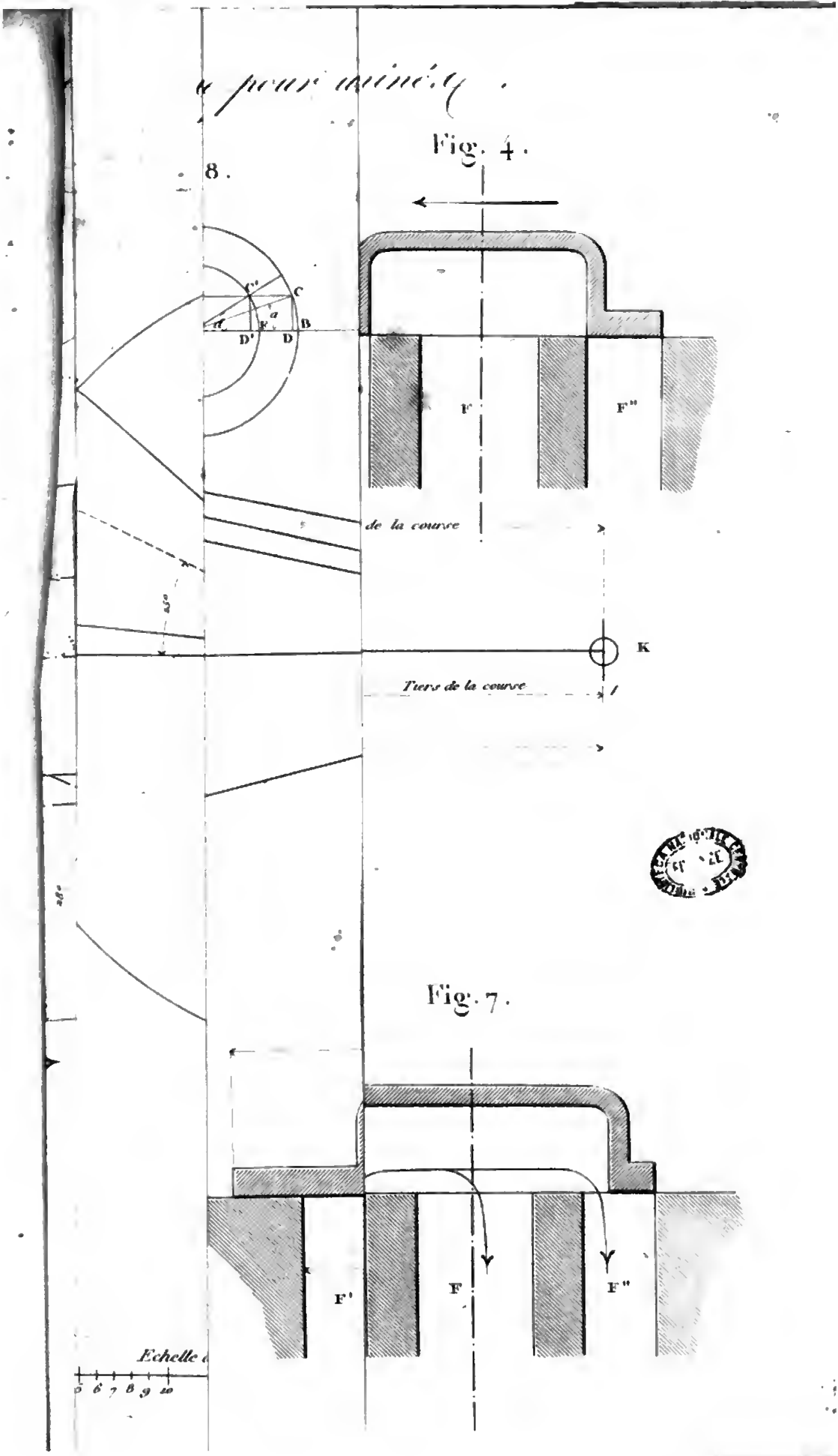
TROISIÈME PARTIE. — *Du train.*

Châssis 185
Châssis intérieur et extérieur. 187
Ressorts. 189
Centre de gravité. 193
Expériences sur la position du centre de gravité. . . . 195
Longereaux. 197

Pag.
Entretoises. 199
Roues. . . . . *Id.*
Tableau comparatif de dimensions de roues motrices. . 205
Id. *Id.* *de petites roues.* . 206
Essieu moteur. 207
Tableau de dimensions d'essieux moteurs. 209
Boîtes à graisse. 210
Chasse-pierres. 211
Barre d'attelage. 212

NOTES ADDITIONNELLES.

Note I. Calculs de l'effet utile de la machine *la Rapide.* . 215
Note II. *Consommation de combustible, frais de traction et prix de revient des machines locomotives.* 231
Règlement du chemin de fer d'Alsace, relatif à la distribution du combustible et la prime accordée aux mécaniciens pour les économies du coke. 246
Règlement des chemins de fer belges pour la comptabilité du coke 251
Légendes. 259



Digitized by Google

Felix Mathias del. incavit

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

B.20.1.232
B.N.C.F.
Digitized by Google

Digitized by Google